

Aus der
PRO-U Praxisklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
am Flughafen München
Zentrum für Schulter- und Ellenbogenchirurgie
Studienleitung: PD Dr. med. Manfred Pfahler

**Ruptur der distalen Bicepssehne: Ergebnisse der operativen Refixation mit
zwei unterschiedlichen Fixationsverfahren**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Lennart Johannes Konvalin
aus
München
2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. med. Manfred Pfahler

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Ulrich H. Brunner

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 18.10.2018

Ich widme diese Dissertation meiner Familie.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	4
Abkürzungsverzeichnis	6
1. EINLEITUNG	7
1.1 M. biceps brachii	7
1.1.1 Anatomie	7
1.1.2 Funktion	8
1.2 Distale Bicepssehnenruptur	9
1.2.1 Inzidenz	9
1.2.2 Pathophysiologie	9
1.2.3 Klinik	10
1.2.4 Diagnostik	11
1.2.4.1 Hook-Test	11
1.2.4.2 Biceps-Squeeze-Test	12
1.2.4.3 Magnetresonanztomographie	12
1.2.4.4 Sonographie	13
1.2.5 Therapie	13
1.2.5.1 Konservativ vs. Operativ	13
1.2.5.2 Anatomische vs. Nicht-anatomische Refixierung	14
1.2.5.3 Single-Incision- vs. Double-Incision-Ansatz	14
1.2.5.4 Refixierungsmethoden	14
1.2.5.5 Partielle Ruptur	15
1.2.5.6 Chronische Ruptur	16
1.2.5.7 Komplikationen der Refixierung	16
1.3 Fragestellung und Hypothese	16
2. MATERIAL UND METHODEN	18
2.1 Patientenkollektiv	18
2.2 Methodik der Messung	21
2.3 Bilder des Versuchsaufbaues	23
2.4 Statistische Analyse	25

3. ERGEBNISSE	26
3.1 Patientenkollektiv	26
3.2 Nachuntersuchung	27
3.2.1 DASH-Fragebogen, DASH-Score Sport- und Musik-Modul und Arbeits- und Berufs-Modul	27
3.2.2 Mayo Elbow Performance Score	28
3.2.3 Messung des Armumfanges	29
3.2.4 Messung des Bewegungsausmaßes	30
3.2.5 Kraftmessung der Flexion	31
3.2.6 Kraftmessung der Supination	32
3.2.7 Übersicht	33
3.2.8 MRT-Aufnahmen	35
3.3 Postoperative Röntgenbilder	37
3.4 Komplikationen	38
4. DISKUSSION	39
4.1 Patientenkollektiv	39
4.2 Ergebnisse der Nachuntersuchung	41
4.3 Komplikationen	47
4.4 Schlussfolgerung	48
5. ZUSAMMENFASSUNG	49
6. LITERATURVERZEICHNIS	51
7. LEBENSLAUF	56
8. DANKSAGUNG	57
9. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	58

Abkürzungsverzeichnis

- A.: Arteria
- bzw.: beziehungsweise
- CBIS: Cortical Button Interferenz Schraube
- cm: Zentimeter
- DASH: Disabilities of the arm, shoulder and hand
- d.h.: das heißt
- FA: Fadenanker
- M.: Musculus
- mm: Millimeter
- mm²: Quadratmillimeter
- MCP: Metacarpophalangeal
- MEPS: Mayo Elbow Performance Score
- MRT: Magnetresonanztomographie
- N.: Nervus
- n.s.: nicht signifikant
- NSAR: Nicht-steroidale Antirheumatika
- PD: Privat Dozent
- u.a.: unter anderem
- vs.: versus
- Z.n.: Zustand nach

Ruptur der distalen Bicepssehne: Ergebnisse der operativen Refixation mit zwei unterschiedlichen Fixationsverfahren

1. EINLEITUNG

1.1 M. biceps brachii

1.1.1 Anatomie

Der M. biceps brachii, welcher sich in ein Caput longum und ein Caput breve unterteilen lässt, besitzt als zweiköpfiger Muskel zwei Ursprünge. Der Ursprung des Caput longum ist meist das Tuberculum supraglenoidale, derjenige des Caput breve der Processus coracoideus, beides Bereiche der Scapula. Von der Scapula entspringend verläuft der M. biceps brachii ventral des Humerus. Der Ansatz der distalen Bicepssehne befindet sich an der Tuberositas radii, einer Aufrauung am proximalen Radius [1].

Die distale Bicepssehne lässt sich, gemäß der Aufteilung des M. biceps brachii in ein Caput longum und ein Caput breve, in zwei einzelne Sehnen aufteilen. Diese unterliegen in ihrem anatomischen Erscheinungsbild jedoch einer großen Variabilität, sodass sie in manchen Fällen als zwei vollständig von einander getrennte Sehnen vorliegen, in anderen Fällen durch leicht abzutragendes Weichgewebe verbunden sind und in wieder anderen Fällen als zwei zu einer Sehne verwachsenen Sehnen erscheinen.

Am musculotendinösen Übergang beginnend, rotiert die Sehne um 90 Grad, bis sie ca. 23 mm distal der Gelenkfläche des Radiusköpfchens, am äußeren ulnaren Rand der Tuberositas radii inseriert [2]. Diese besitzt eine durchschnittliche Länge von 22 ± 3 mm und eine durchschnittliche Breite von 15 ± 2 mm. Außerdem werden verschiedene Subtypen der Tuberositas radii beschrieben. Es existieren der „single ridge“ Typ, charakterisiert durch eine einzelne Erhebung, der „smooth“ Typ, ohne Erhebung und der „bifid ridge“ Typ mit einer zweigipfligen Erhebung. Der „single ridge“ Typ liegt hierbei in 88 % der Fälle am weitesten häufigsten, im Vergleich zum „smooth“ Typ und zum „bifid ridge“ Typ mit jeweils 6 %, vor [3].

Je mehr sich die distale Bicepssehne der Tuberositas radii annähert, desto breiter wird sie, so dass ihre Insertion an der Tuberositas radii eine Fläche von durchschnittlich 108 mm^2 ausmacht [2]. Die Insertion bedeckt mit einer durchschnittlichen Länge von 14 ± 2 mm und einer durchschnittlichen Breite von $2 \pm 0,3$ mm näherungsweise 63 % der Länge und 13 % der Breite der Tuberositas radii, wobei der Rest der Tuberositas radii angeraut und mit einer Schleimschicht bedeckt ist [3].

Die Sehne des Caput longum setzt hierbei proximal auf der Tuberositas radii an und nimmt eine durchschnittliche Gesamtfläche von 48 mm^2 ein. Die Sehne des Caput breve setzt dagegen distal auf der Tuberositas radii an und bedeckt im Durchschnitt 60 mm^2 .

Vom proximalen Bereich der Sehne des Caput breve entspringt der Lacertus fibrosus [2], welcher auch als Aponeurosis musculi bicipitis brachii oder Aponeurosis bicipitalis bezeichnet wird und eine sich nach medial-ulnar abspaltende Faszie darstellt, welche in die Unterarmfaszie einstrahlt.

Innerviert wird der M. biceps brachii durch Nervenfasern aus den Nervenwurzeln C6 bis C7, welche in der Peripherie den N. musculocutaneus bilden [1]. Der Nerv tritt, gemessen vom Acromion, nach einer durchschnittlichen Länge von $77,1 \text{ mm}$ aus dem M. coracobrachialis aus und gibt, erneut vom Acromion aus gemessen, nach durchschnittlich 130 mm einen Ast zum M. biceps brachii ab. Gemessen an der Zahl der primären Abgänge vom N. musculocutaneus werden drei Versorgungstypen unterschieden, wobei mit 62% in der Mehrheit der Fälle ein primärer Ast vom N. musculocutaneus abgeht, welcher sich in jeweils einen Ast für das Caput longum und das Caput breve aufteilt [4].

Der M. biceps brachii liegt ventral dem vom Humerus entspringenden M. brachialis auf. Der Zwischenraum, den diese beiden Muskeln einschließen, beherbergt den Sulcus bicipitalis medialis und lateralis, Rinnen in welchen Leitungsbahnen verlaufen [1].

1.1.2 Funktion

Der M. biceps brachii umspannt zwei Gelenke: Das Schultergelenk und das Ellenbogengelenk. Am Schultergelenk dient er aufgrund seines Verlaufes parallel zum Humerus, zusammen mit anderen Muskeln, dazu das Caput humeri in der Gelenkpfanne zu halten, wenn eine Zugkraft auf den Arm einwirkt. Am Ellenbogengelenk erfüllt er zwei Funktionen. Zum einen ist der M. biceps brachii ein Flexor. Aufgrund seiner ventralen Lage besitzt er einen großen Abstand von der Flexions-Extensionsachse, woraus ein großes Drehmoment bei der Beugung resultiert. Zum anderen ist der M. biceps brachii ein Supinator. Bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen ist er, aufgrund der Tatsache, dass in dieser Position seine Sehne rechtwinklig zur Supinationsachse steht und er somit seine gesamte Kraft entfalten kann, der stärkste Supinator im Ellenbogengelenk. Während der Pronationsbewegung dreht sich die Tuberositas radii nach medial ulnar und die distale Bicepssehne wickelt sich um den Radius. In Supinationsstellung ist die distale Bicepssehne abgewickelt [5].

1.2 Distale Bicepssehnenruptur

1.2.1 Inzidenz

Die Inzidenz der distalen Bicepssehnenruptur wird in der Literatur mit 1,24 [6] bis 2,55 pro 100 000 Einwohner pro Jahr angegeben [7] und macht nur 3 % aller Bicepssehnenrupturen aus [8]. Von dieser Verletzung sind in 93 % [6] bis 95 % der Fälle Männer [7] in der fünften bis sechsten Lebensdekade betroffen. Allerdings werden in der Literatur auch Fälle von Frauen mit distaler Bicepssehnenruptur beschrieben [8]. Der dominante Arm ist mit 86 % aller Rupturen häufiger betroffen als der nicht dominante Arm. Der typische Verletzungsmechanismus stellt eine spontan eintretende, forcierte Streckung des gebeugten Armes dar. Rauchen erhöht das Risiko einer distalen Bicepssehnenruptur um das 7,5-Fache [6].

1.2.2 Pathophysiologie

Es wird von zwei Ursachen ausgegangen, welche die distale Bicepssehnenruptur begünstigen: Das arterielle Versorgungsmuster und die mechanische Einengung der Sehne während der Pronation.

Anhand der arteriellen Blutversorgung lässt sich die distale Bicepssehne in drei Zonen einteilen. Zone 1, welche das proximale Drittel ausmacht, beginnt am musculotendinösen Übergang und wird von zwei bis vier Abgängen aus der A. brachialis versorgt.

Zone 3 ist der Bereich der Sehne proximal der Insertion in die Tuberositas radii und erhält das Blut aus einem bis drei Ästen der A. interossea recurrens posterior.

Zwischen diesen beiden gut mit arteriellem Blut versorgten Zonen befindet sich eine hypovaskuläre Zone, welche als Zone 2 bezeichnet wird und im Durchschnitt 2,14 cm misst. Diese Zone 2 erhält ihre Blutzufuhr sowohl aus Abgängen der A. brachialis, als auch der A. interossea recurrens. Allerdings verlaufen diese Abgänge ausschließlich in der paratendinösen Fettschicht, welche die distale Bicepssehne auf gesamter Länge umgibt und dringen nicht in die Sehne ein, so wie dies in Zone 1 und 3 der Fall ist. Bemerkenswert ist auch, dass die paratendinöse Fettschicht im Bereich der Zonen 1 und 3 deutlich dicker und besser mit Blut versorgt ist, als in Zone 2, wo sie ausschließlich aus einer einzelnen Zellschicht besteht.

Diese Hypovaskularität erklärt wohl auch das häufige Vorkommen fokaler Degenerationen in der Peripherie der Sehne auf Höhe der Zone 2. Anzunehmen ist auch, dass aufgrund der

schlechteren Blutversorgung potentielle Schäden der Sehne in diesem Bereich nur langsam und mangelhaft durch körpereigene Reparaturmechanismen behoben werden können.

Der zweite Umstand, welcher wohl die Ruptur der distalen Bicepssehne begünstigt, ist die mechanische Einengung der Sehne zwischen dem lateralen Rand der Ulna und der Tuberositas radii. Wechselt der Arm aus Supinationsstellung in die Pronation, so reduziert sich der Raum, der für die Sehne zur Verfügung steht, um durchschnittlich 48 %. In voller Pronation nimmt die distale Sehne des M. biceps brachii dadurch auf Höhe der Tuberositas radii näherungsweise 85 % des Raumes zwischen Radius und Ulna ein.

Aufgrund dieser beiden Ursachen kann es zu einer degenerativen Vorschädigung der distalen Bicepssehne kommen, auf deren Grundlage die Sehne im Rahmen eines Traumas rupturieren kann. Der typische Ort für die Ruptur ist hierbei der Bereich der Sehne an, beziehungsweise nahe der Insertion [9].

1.2.3 Klinik

Bei einer akut eintretenden kompletten Ruptur der distalen Bicepssehne berichten Patienten oftmals von einem plötzlich einschießenden Schmerz in der Ellenbeuge, in dem Moment als eine plötzliche und forcierte Streckung des zuvor gebeugten Armes, wie beispielsweise beim Auffangen eines schweren Gegenstandes, erfolgt. Typische Merkmale dieser Form der Ruptur, die dann bei der körperlichen Untersuchung offenbar werden können, sind u.a. ein durch Retraktion der distalen Bicepssehne nach proximal bedingter Verlust der normalen Armkontur, Schmerzen unter Flexion und Supination, die fehlende Tastbarkeit der distalen Bicepssehne, eine beginnende Ekchymose [10] und Schwellung im Bereich der Ellenbeuge, Probleme bei dem Versuch den M. biceps brachii anzusprechen [11], so wie eine Reduktion des Bewegungsausmaßes und der Kraft in Flexion und Supination [8].

Viele dieser Symptome, wie beispielsweise Schmerzen und Schwellung in der Ellenbeuge, oder eine Bewegungseinschränkung können auch bei der partiellen Ruptur auftreten [12]. Charakteristisches Zeichen dieser Rupturform ist jedoch eine reduzierte Kraft in Flexion und Supination bei gleichzeitig tastbarer distaler Bicepssehne [13].

Das klinische Erscheinungsbild eines Patienten mit chronischer Ruptur der distalen Bicepssehne ist in der Regel neben einer fortbestehenden Reduktion der Flexions- und Supinationskraft, gekennzeichnet durch gelegentlich auftretende Schmerzen, eine in der Ellenbeuge nicht tastbare distale Bicepssehne, so wie eine Atrophie und eine proximale Retraktion des M. biceps brachii [14].

1.2.4 Diagnostik

Die Diagnose der distalen Bicepssehnenruptur lässt sich in der Regel durch gezielte Anamnese und körperliche Untersuchung des verletzten Armes, bestehend aus Inspektion und Palpation des M. biceps brachii, stellen. Durch zwei spezielle Tests, den Hook-Test [11] und den Biceps-Squeeze-Test [10], kann die körperliche Untersuchung ergänzt werden. Die Magnetresonanztomographie und die Sonographie können zu einer genaueren Beurteilung der distalen Bicepssehnenruptur führen.

1.2.4.1 Hook-Test

Bei der Durchführung des Hook-Test wird der Patient im Sitzen oder Stehen darum gebeten den Ellenbogen aktiv um 90 Grad zu beugen und den Unterarm maximal zu supinieren. Anschließend versucht der Untersucher seinen Zeigefinger von lateral unter die Bicepssehne einzuhaken.

Bei intakter distaler Bicepssehne kann der Finger hierbei ungefähr einen Zentimeter in die Ellenbeuge gedrückt und unter der Sehne eingehakt werden. Ist ein solches Einhaken möglich, so sollte der Untersucher eine moderate Zugkraft auf die Sehne ausüben. Löst dies beim Patienten Schmerzen aus, so ist an eine partielle Ruptur oder andere pathologische Prozesse der Sehne zu denken. Bei einem kompletten Abriss der distalen Sehne des M. biceps brachii kann diese aufgrund der Retraktion nach proximal nicht mehr in der Ellenbeuge getastet werden [11].



Bild 1: Intakter Hook-Test [11].

1.2.4.2 Biceps-Squeeze-Test

Als Vorbereitung für den Biceps-Squeeze-Test wird der Patient darum gebeten den locker im Schoß ruhenden Arm um 60 bis 80 Grad zu beugen und leicht zu pronieren, da auf diese Weise eine leichte Vorspannung in der distalen Bicepssehne erzeugt wird.

Anschließend begibt sich der Untersucher auf die Seite der zu untersuchenden Extremität und drückt den Oberarm kräftig mit seinen beiden Händen. Dabei befindet sich eine Hand am distalen Ende des musculotendinösen Überganges und die andere Hand auf dem Muskelbauch. Durch den auf den M. biceps brachii ausgeübten Druck hebt sich der Muskel vom Humerus ab, woraus ein Zug auf die distale Bicepssehne resultiert. Bei intakter distaler Sehne des M. biceps brachii ist die Folge dieses Zuges eine Supination des Unterarmes. Bleibt diese Supination aus, so ist eine komplette Ruptur wahrscheinlich [10].



Bild 2: Biceps-Squeeze-Test [10].

1.2.4.3 Magnetresonanztomographie

Während mit Hilfe von MRT-Aufnahmen in axialer, sagittaler und frontaler Ebene die Diagnose einer kompletten Ruptur der distalen Bicepssehne in der Regel sicher zu stellen ist, kann die Diagnose einer partiellen Ruptur schwieriger sein [15]. Eine bessere Differenzierung zwischen kompletter und partieller Ruptur kann durch Positionierung des Patienten in einer Flexions-Abduktions-Supinations-Stellung erreicht werden. Der Patient befindet sich hierbei in Bauchlage, der Arm wird um 180 Grad abduziert, der Ellenbogen um 90 Grad abgewinkelt und der Unterarm supiniert. Durch die Flexion im Ellenbogengelenk kontrahiert sich der M. biceps brachii, was zur Folge hat, dass die distale Bicepssehne gespannt ist und fast auf

gesamter Länge, einschließlich der sonst nur schwer darstellbaren Insertion der Sehne in die Tuberositas radii, in gestrecktem Zustand in der MRT-Aufnahme sichtbar wird [16].



Bild 3: Flexions-Abduktions-Supinations-Stellung [16].

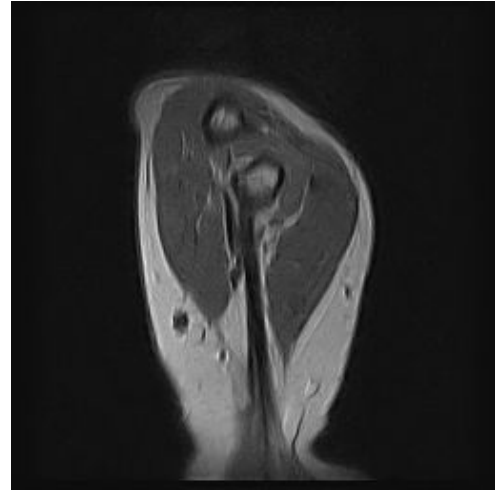


Bild 4: MRT-Aufnahme in Flexions-Abduktions-Supinations-Stellung aus eigenem Patientenkollektiv.

1.2.4.4 Sonographie

Sonographische Kennzeichen einer kompletten distalen Bicepssehnenruptur sind das Fehlen der Sehne in der zu erwartenden Lage, Flüssigkeitsansammlung im Bereich der Abrissstelle, Hämatome, so wie peritendinöse Flüssigkeit.

Für eine partielle Ruptur sprechen eine Hypoechogenität innerhalb der Sehne, eine Ausdünnung der Sehne und ebenfalls peritendinöse Flüssigkeit [17].

1.2.5 Therapie

1.2.5.1 Konservativ vs. Operativ

Für die Therapie der distalen Bicepssehnenruptur existieren konservative Behandlungsansätze in Form von temporärer Immobilisierung und anschließenden Bewegungsübungen mit steigender Belastung. Allerdings konnte gezeigt werden, dass die operative anatomische Refixierung der distalen Bicepssehne zu besseren funktionellen Ergebnissen im Sinne von mehr Kraft und Ausdauer für Flexion und Supination führt [18] [19].

1.2.5.2 Anatomische vs. Nicht-anatomische Refixierung

Die rupturierte distale Bicepssehne kann sowohl anatomisch an die Tuberositas radii refixiert, als auch nicht-anatomisch an umliegende Strukturen wie den M. brachialis genäht werden. Während mit beiden Verfahren die Flexionskraft in der Regel gut wiederhergestellt werden kann, wurde die nicht-anatomische Naht der distalen Bicepssehne mit einem größeren Risiko für einen Verlust der Supinationskraft in Verbindung gebracht. Aus diesem Grund wird die anatomische Refixierung allgemein als Operation der Wahl angesehen [20] [19].

1.2.5.3 Single-Incision- vs. Double-Incision-Ansatz

- Beim Single-Incision-Ansatz wird in der Regel ein anteriorer Schnitt im Bereich der Ellenbeuge gesetzt. Über diesen wird unter Extension und Supination des Unterarmes sowohl die Tuberositas radii, als auch die rupturierte distale Bicepssehne lokalisiert und freigelegt und im Anschluss die Refixierung vorgenommen [21] [22] [23].
- Beim Double-Incision-Ansatz werden zwei Schnitte gesetzt. Über einen anterioren Zugang in der Ellenbeuge wird die rupturierte distale Bicepssehne lokalisiert und präpariert. Über einen Zugang am posterolateralen Ellenbogen wird die Tuberositas radii unter Pronation des Unterarmes freigelegt und im Anschluss die Refixierung vorgenommen [24].

1.2.5.4 Refixierungsmethoden

- Direkte knöcherne Refixation: Die Refixierung erfolgt hierbei über direkte Naht der Sehne an den Knochen, indem die Enden von einem oder mehreren in die Sehne eingenähten Fäden durch zuvor in die Tuberositas radii gebohrte Löcher gezogen und anschließend verknotet werden [24] [25].
- Fadenanker: Bei dieser Methode werden zunächst eine variable Anzahl an Löchern unikortikal im Bereich der Tuberositas radii gebohrt, in welche im Anschluss Fadenanker eingesetzt werden. Die an den Ankern befestigten Fäden werden in die distale Bicepssehne eingenäht, die Sehne dann an den Knochen angenähert und schließlich die Fäden verknotet [21] [26] [27].

- Refixation mittels eines metallischen Knopfes (Cortical Button): Hierbei wird die distale Bicepssehne über einen Faden mit einem metallischen Knopf (Cortical Button) verbunden, welcher durch ein bikortikal in die Tuberositas radii gebohrtes Loch hindurch manövriert und anschließend so positioniert wird, dass er nicht mehr zurückrutschen kann. Je nachdem auf welche Weise Sehne und Cortical Button durch den Faden miteinander verbunden werden, steht der Abstand zwischen Sehnenende und Cortical Button entweder bereits vor dem Manövrieren durch das Loch fest, oder kann im Nachhinein durch Zug an den Fadenenden adaptiert werden, was als „Tension-Slide-Technik“ bezeichnet wird [22] [28].
- Interferenzschraube: Bei dieser Variante wird eine kanülierte Schraube zur Refixierung verwendet. Nachdem unikortikal ein Loch in die Tuberositas radii gebohrt und ein Faden in die distale Bicepssehne eingenäht wurde, wird ein Fadenende durch die Schraube gezogen und diese dann so in das vorgebohrte Loch eingedreht, dass sie die in Position gehaltene distale Bicepssehne auf der ulnaren Seite der Tuberositas radii fixiert und im Anschluss die Fadenenden verknotet [23].
- Kombination aus der Refixation mittels eines metallischen Knopfes (Cortical Button) und Interferenzschraube: Hierbei wird die distale Bicepssehne zunächst über einen Cortical Button an die Tuberositas radii refixiert und daraufhin eine Interferenzschraube auf der radialen Seite der Tuberositas radii eingesetzt, um somit eine anatomisch korrektere Positionierung der Sehne auf der ulnaren Seite der Tuberositas radii zu erzeugen [29] [28].

1.2.5.5 Partielle Ruptur

Die konservative Therapie der partiellen distalen Bicepssehnenruptur in Form von temporärer Immobilisierung, anti-entzündlicher Medikation und Physiotherapie führt häufig zu keiner deutlichen Verbesserung der Symptome. Nach Entschluss zur operativen Refixierung besteht die Möglichkeit den noch intakten, mit der Tuberositas radii in Verbindung stehenden Anteil der distalen Bicepssehne vom Knochen abzutrennen und anschließend die komplette Sehne zu refixieren [30] [12]. Alternativ kann der intakte Anteil der Sehne belassen und nur der rupturierte Anteil refixiert werden [31].

1.2.5.6 Chronische Ruptur

Bei chronischen distalen Bicepssehnenrupturen ist die Sehne oftmals so weit nach proximal retrahiert, dass eine Annäherung an die Tuberositas radii nicht ohne Weiteres möglich ist [14]. Aus diesem Grund wurden zahlreiche Methoden entwickelt, bei denen unter Verwendung autogener und allogener Sehnentransplantate die distale Bicepssehne funktionell verlängert wird und dadurch wieder an die Tuberositas radii refixiert werden kann. Als Transplantate wurden unter anderem autogener M. semitendinosus [32], allogene Achillessehne [33], autogene Fascia lata [14] und autogene M. flexor carpi radialis Sehne verwendet [34].

1.2.5.7 Komplikationen der Refixierung

Zu den häufig beschriebenen Komplikationen der operativen Refixierung der distalen Bicepssehne gehört die Irritation nervaler Strukturen. In der Literatur wird diesbezüglich unter anderem von Schädigungen des N. radialis [35], Parästhesien im Versorgungsgebiet des N. radialis superficialis, des N. cutaneus antebrachii lateralis und des N. ulnaris [36], sowie von vorübergehender Reizung des N. interosseus posterior berichtet. Eine weitere Komplikation stellen heterotope Ossifikationen dar [37]. So wurde auch das Auftreten von radio-ulnarer Synostosis nach Durchführung des double-incision Ansatzes beschrieben [38]. Daneben wurde von partieller Reruptur [37] und Problemen mit dem Halt des Fixationskonstruktes berichtet [39]. Wie bei anderen Operationen, kann es auch bei der Refixierung der distalen Bicepssehne zu Wundinfektionen [40] und Hämatombildung kommen [41].

1.3 Fragestellung und Hypothese

Biomechanische Analysen, in denen verschiedene Verfahren zur Refixierung der distalen Bicepssehne untersucht wurden, kamen zu dem Ergebnis, dass ein in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachter Cortical Button die größte Bruchlast besitzt und somit als stärkste Fixierungsmethode angesehen werden kann. Bei dieser Technik wird die distale Bicepssehne in einen Knochenkanal an der anatomischen Insertionsstelle eingezogen, an der Gegenkortikalis mit einem Lochplättchen gesichert und im Kanal mit einer Schraube fixiert. [42] [43].

Dennoch besteht in der Literatur kein Konsens darüber, mit welcher Operationsmethode das beste klinisch funktionelle Ergebnis erzielt werden kann. Ziel dieser Studie war es deshalb an bereits operierten Patienten zu untersuchen, ob sich die biomechanische Überlegenheit der „Tension-Slide-Technik“ im Vergleich zu einer Refixierung durch Fadenanker auch in einem besseren klinisch funktionellen Ergebnis niederschlägt. Es wurde vermutet, dass mit der „Tension-Slide-Technik“ sowohl ein höheres Maß an vom Patienten subjektiv empfundener, als auch objektiv messbarer Funktionalität erzielt werden kann.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Patientenkollektiv

Von Februar 2009 bis Oktober 2015 wurde an insgesamt 30 Patienten in der AirportClinic am Flughafen München nach traumatischer Ruptur der distalen Bicepssehne eine Refixierung der Sehne durchgeführt. In die Studie wurden nur Patienten eingeschlossen, bei denen der Zeitraum zwischen Ruptur und Operation maximal vier Wochen betrug, so dass alle nachuntersuchten Fälle als akute Rupturen angesehen wurden. Des Weiteren wurde eine Follow-up-Zeit von mindestens sechs Monaten bestimmt. Ebenso wurde festgelegt, dass die Patienten keine Voroperationen an dem Arm haben durften, an dem sich die distale Bicepssehnenruptur ereignete. 27 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien. Sieben Patienten konnten nicht für die Studie gewonnen werden. Von diesen sieben Patienten waren zwei Patienten nicht erreichbar, zwei Patienten konnten aufgrund beruflicher Verpflichtungen nicht an der Studie teilnehmen und drei Patienten lehnten die Teilnahme trotz hervorragender Zufriedenheit mit der Behandlung ab. Es wurden insgesamt 20 Patienten nachuntersucht. Alle Patienten in der Studie waren männlich. Im Gesamtkollektiv betrug das Durchschnittsalter bei Ruptur $48,6 \pm 7,8$ Jahre und die durchschnittliche Follow-up-Zeit $34,1 \pm 22,6$ Monate. (Charakteristika der nachuntersuchten Patienten siehe Tabelle 1).

Die Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne erfolgte durch zwei unterschiedliche Operationsverfahren. Bei 12 Patienten wurde eine Kombination aus einem Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube und bei 8 Patienten Fadenanker zur Refixation der distalen Bicepssehne an die Tuberositas radii verwendet.

Beide Operationsmethoden erfolgten in Rückenlage in Blutleere (250 mmHg). Nach sterilem Abwaschen und Abdecken des Operationsgebietes wurde unter Bildwandlerkontrolle die Lokalisation der Tuberositas radii kontrolliert und es erfolgte ein S-förmiger Hautschnitt, welcher auf der medialen Seite des M. biceps brachii begann und lateral über dem M. brachioradialis auslief. Im Anschluss wurde das Subkutangewebe unter Schutz des N. cutaneus antebrachii lateralis gespalten und die tiefe Faszie im Verlauf des Hautschnittes inzidiert. Unter Schutz der nervalen und vasalen Strukturen wurde dann das ursprüngliche Bicepssehnenlager zwischen M. brachioradialis und M. pronator teres dargestellt. Nach Darstellung der Tuberositas radii wurde unter voller Extension und Supination die Refixierung der distalen Bicepssehne vorgenommen. In einer Patientengruppe erfolgte dies durch Fadenanker, in der anderen durch eine Kombination aus einem Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube. In der Fadenanker-

Gruppe (im Folgenden: FA-Gruppe) wurden entweder ein, oder zwei Fadenanker (3×1 Fadenanker der Firma Conmed Linvatec; 5×2 Fadenanker; 2 dieser 5 der Firma Arthrex, 3 dieser 5 der Firma Conmed Linvatec) in die Tuberositas radii eingesetzt und dann das ehemalige Ansatzgebiet der Sehne am Knochen aufgeraut um so Blutungen zu erzeugen und ein Lager für die Sehne zu schaffen. Mit den an den Ankern befestigten Fäden wurde dann die Bicepssehne aufgefädelt und in modifizierter Mason-Allen-Nahttechnik auf dem angefrischten Knochen refixiert. In der Cortical Button-Interferenzschrauben-Gruppe (im Folgenden: CBIS-Gruppe) wurde zunächst ein 3,2 mm durchmessender Kirschnerdraht bikortikal durch die Tuberositas radii, 30° auf die Ulna zielend, gebohrt. Über diesen Draht wurde dann mit einem 8 mm Kopfraumborher unikortikal überbohrt. Nachdem ein Faden in die Sehne eingenäht wurde, wurde dieser durch den Cortical Button gefädelt und der Cortical Button durch das gebohrte Loch nach dorsal geschoben. Durch entsprechenden Zug an den Fadenenden wurde die Sehne dann in den unikortikalen 8 mm Tunnel eingezogen („Tension-Slide-Technik“). Danach wurde eine 7 mal 10 mm messende PEEK-Tenodeseschraube auf der radialen Seite des gebohrten Tunnels eingebracht. Diese diente der zusätzlichen Fixierung und sorgte dafür, dass die Sehne etwas nach ulnar geschoben wird, was eine anatomisch korrektere Lage erzeugen sollte. (Verwendet wurde das „Distal-Biceps-Repair-System“ der Firma Arthrex). Beiden Operationsmethoden gleich war das anschließende gründliche Spülen des Operationsgebietes, das Entfernen von noch überschüssigem Knochenmehl, eine Blutstillung, die Einlage einer Redondrainage, ein schichtweiser Wundverschluss, das Anlegen eines sterilen Verbandes und das Anlegen einer Oberarmgipsschiene in 90° Beugung. Die Nachbehandlung erfolgte in beiden Gruppen gleich. Nach dem Erstverbandwechsel wurde die Oberarmgipsschiene durch eine Orthese ersetzt, welche für insgesamt 6 Wochen getragen wurde und in 90° Flexion und 30° Supination arretiert wurde. Während der ersten beiden postoperativen Wochen durfte im Rahmen der Krankengymnastik die Flexion passiv und die Extension aktiv bis maximal 60° Flexion geübt werden. In der dritten und vierten Woche durfte die Flexion weiterhin rein passiv und die Extension bis maximal 30° Flexion geübt werden. Nach Abschluss der vierten Woche durfte die Extension aktiv auch über 30° Flexion hinaus geübt werden, während die Flexion bis zum Abschluss der sechsten Woche weiterhin rein passiv erfolgen durfte. Supinationsbewegungen waren während dieses Zeitraums im schmerzfreien Intervall erlaubt. Des Weiteren fand eine Lymphdrainage statt und es wurde unter regelmäßiger Thrombozytenkontrolle eine Thromboseprophylaxe für die ersten sieben postoperativen Tage durchgeführt. Im Verlauf erfolgte eine Röntgenkontrolle des Ellenbogens in seitlicher Aufnahme. Es wurden für die

ersten 6 postoperativen Wochen NSAR als Ossifikationsprophylaxe verschrieben und perioperativ einmalig ein Antibiotikum als Infektionsprophylaxe gegeben.

Bildliche Dokumentation der Operationsmethode Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) in Kombination mit einer PEEK-Tenodeseschraube:



Bild 5: Darstellung der distalen Bicepssehne.

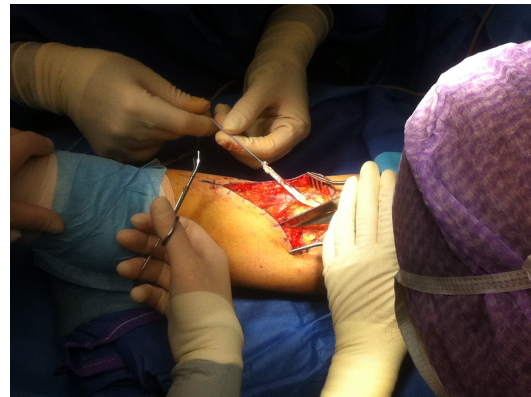


Bild 6: In die Sehne eingenähter Faden.

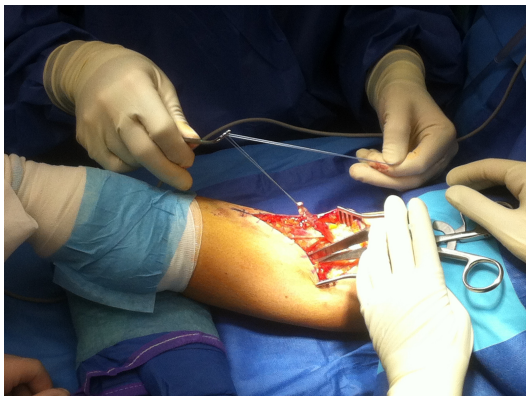


Bild 7: Cortical Button mit Fadenenden bestückt.

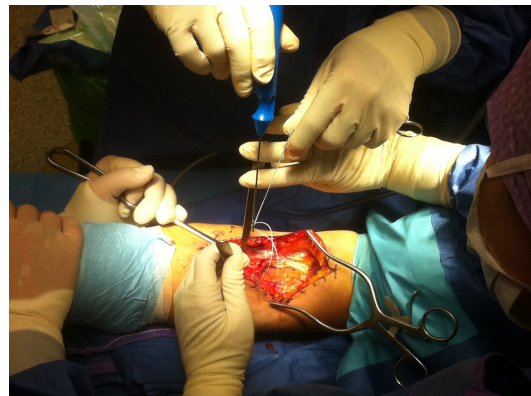


Bild 8: Befördern des Cortical Button nach dorsal.

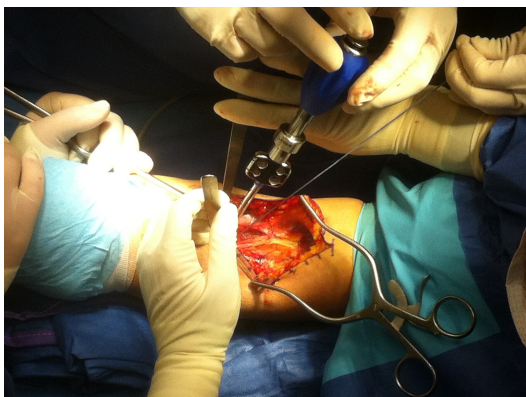


Bild 9: Eindrehen der PEEK-Tenodeseschraube.



Bild 10: Z.n. schichtweisem Wundverschluss.

Die Zuteilung zu dem jeweiligen Operationsverfahren war unabhängig von den Charakteristika der Patienten und wurde allein durch den Zeitpunkt der Operation bestimmt, da ab einem gewissen Zeitpunkt alle Patienten mit distaler Bicepssehnenruptur mit einer Kombination aus einem Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube operiert wurden.

Die Nachuntersuchung erfolgte durch mich, Lennart Johannes Konvalin, unter Studienleitung durch Herrn PD Dr. med. Manfred Pfahler in den Räumlichkeiten der PRO-U Praxisklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie am Flughafen München.

Die Beratung der Studie erfolgte durch die Ethikkommission bei der LMU München (451-14).

2.2 Methodik der Messung

Nach erfolgter schriftlicher Aufklärung und Zustimmung wurden die Patienten in den Räumlichkeiten der PRO-U Praxisklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie am Flughafen München nachuntersucht. Die Nachuntersuchung gliederte sich in folgende Punkte:

A) Befragung

- Anamnese
- DASH-Score und MEPS

B) Klinische Untersuchung

- Hook-Test und Biceps-Squeeze-Test
- Messung des Armumfanges
- Messung des Bewegungsausmaßes
- Kraftmessung der Flexion und Supination

C) MRT

Zu Beginn der Untersuchung wurde in einem Anamnesegespräch nach aktuellen Beschwerden der operierten Extremität, nach der Armdominanz, nach dem Verletzungsmechanismus und nach der Raucheranamnese gefragt. Danach füllten die Patienten den DASH-Fragebogen inklusive dem Sport- und Musik-Modul und dem Arbeits- und Berufs-Modul aus. Durch Auswertung der Fragebögen wurde der jeweilige DASH-Score erhoben. Daraufhin wurde der Mayo Elbow Performance Score erfasst. Im Anschluss wurde der operierte Arm und die OP-Narbe inspiziert und dann die distale Bicepssehne durch den

Hook-Test und den Biceps-Squeeze-Test klinisch auf Intaktheit überprüft. Der Armumfang, sowohl der operierten, als auch der nicht operierten Extremität, wurde durch ein Maßband 15 cm proximal des Epicondylus medialis, auf Höhe des Epicondylus medialis und 10 cm distal des Epicondylus medialis gemessen. Das Bewegungsausmaß für Extension, Flexion, Supination und Pronation wurde dann mit einem Standardgoniometer für die operierte und die nicht operierte Extremität bestimmt. Im Anschluss fand eine isometrische Kraftmessung mittels eines Nottingham Mecmesin Myometers statt. Ähnlich dem von Niemeyer et al. beschriebenen Versuchsaufbau, wurde die Flexionskraft aus 0°, 45°, 90° und 135° Flexion und die Supinationskraft aus maximaler Supination, neutraler Rotation und maximaler Pronation bestimmt [44].

Für die Messung der Flexionskraft aus 0° (Bild 11) und aus 45° (Bild 12) Flexion wurde das Myometer an einem Bein einer Untersuchungs-liege und für die Messung der Flexionskraft aus 90° (Bild 13) und 135° (Bild 14) Flexion an der Liegefläche einer Untersuchungs-liege befestigt. Zur Messung der Supinationskraft wurde von mir eine Stahlkonstruktion hergestellt. Das Myometer konnte in dieser Konstruktion befestigt und die Schlaufe an einem Griff eingehakt werden (Bild 15). So konnte die Supinationskraft aus neutraler Rotation (Bild 16) und nach Aufstellen der Konstruktion aus voller Supination (Bild 17) und nach Umgreifen aus voller Pronation (Bild 18) gemessen werden. Es wurde bei der Messung der Supinationskraft darauf geachtet, dass der Oberarm gerade herabhing, stets am Körper angelegt war, der Unterarm um 90° flektiert war und sich der Strahl des dritten Mittelhandknochens auf Höhe der Rotationsachse des Griffes befand. Die Kraft wurde für beide Arme in jeder Position drei Mal gemessen und anschließend jeweils der Mittelwert gebildet. Die Messung erfolgte in Kilogramm.

Die Messung des Armumfanges, des Bewegungsausmaßes und der Kraft erfolgte jeweils an beiden Extremitäten und es wurde, nach Berechnung der Mittelwerte, der Wert des operierten Armes durch den Wert des nicht operierten Armes geteilt und in Prozent dessen angegeben.

Zur Beurteilung des Weichteilstatus fand abschließend eine MRT-Aufnahme des Ellenbogens der operierten Extremität statt. Für die kernspintomographischen Aufnahmen wurde der „S-Scan“ der Firma „Esaote“ mit der Sequenz „Fast PD-T2 sagittal“ verwendet. Hierbei wurde die von Giuffre et al. beschriebene Flexions-Abduktions-Supinationsstellung angewandt, bei welcher der Patient auf dem Bauch liegt, seinen Arm um 180° abduziert, seinen Unterarm um 90° flektiert und maximal supiniert [16]. Bei der Auswertung der MRT-Aufnahmen wurde darauf geachtet, ob Sehne und Knochen komplett oder nur partiell miteinander verwachsen

waren, ob die Sehne schlank oder verbreitert war, ob sie eine homogene oder inhomogene Binnenstruktur aufwies und ob heterotope Ossifikationen aufgetreten waren.

Auf bereits vor der Studie erhobene Daten und Befunde, welche in der elektronischen Patientendatei gespeichert waren, wurde ebenfalls zurückgegriffen.

2.3 Bilder des Versuchsaufbaues

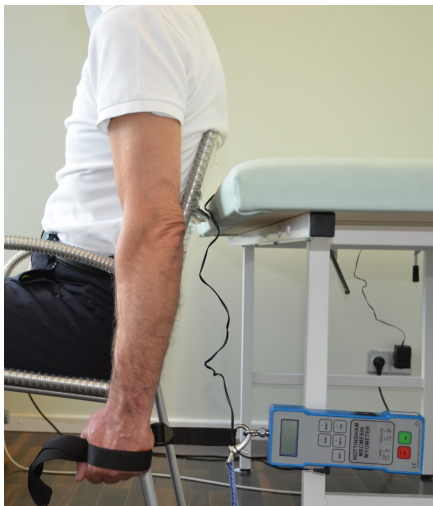


Bild 11: Flexionskraft aus 0° Flexion.



Bild 12: Flexionskraft aus 45° Flexion.



Bild 13: Flexionskraft aus 90° Flexion.

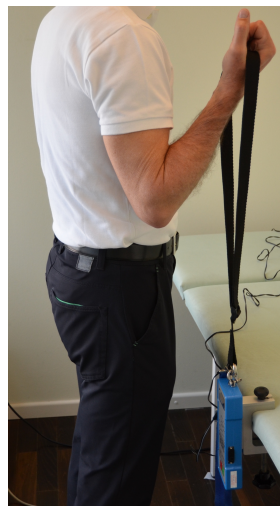


Bild 14: Flexionskraft aus 135° Flexion.

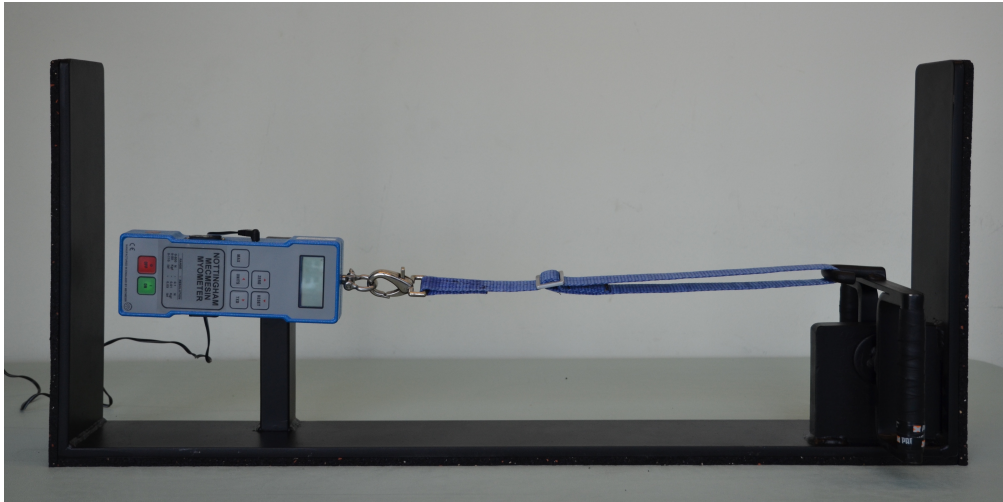


Bild 15: Myometer mit Stahlkonstruktion zur Messung der Supinationskraft.

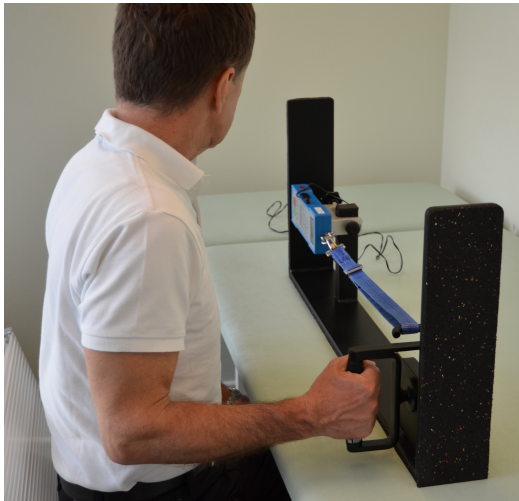


Bild 16: Supinationskraft aus neutraler Rotation.



Bild 17: Supinationskraft aus maximaler Supination.

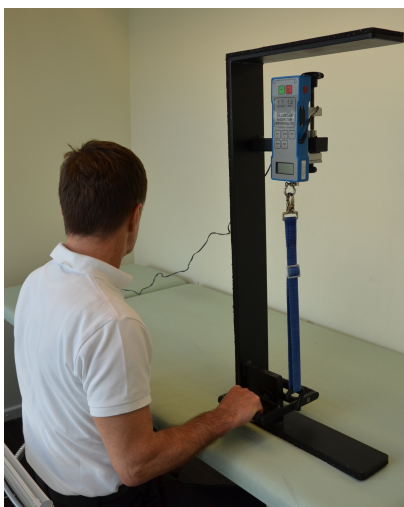


Bild 18: Supinationskraft aus maximaler Pronation.

2.4 Statistische Analyse

Die erhobenen Daten wurden optisch durch Q-Q-Plots auf Normalverteilung und mit dem Levene-Test auf Varianzgleichheit getestet. Waren beide Bedingungen erfüllt, so wurde ein T-Test zur Prüfung der Signifikanz durchgeführt. Dies war der Fall bei der Messung des Armumfanges, des Bewegungsausmaßes und der Kraft, so wie beim Alter der Patienten. Waren die Bedingungen nicht erfüllt wurde ein Mann-Whitney-U-Test zur Prüfung der Signifikanz durchgeführt. Dies war beim DASH-Score, beim DASH-Score Sport- und Musik-Modul, beim DASH-Score Arbeits- und Berufs-Modul, beim Mayo Elbow Performance Score und bei der Follow-up-Zeit der Fall. Die Baseline-Charakteristika (Betroffener Arm, Art der Ruptur, Raucheranamnese) beider Gruppen wurden mit dem Exakten-Fischer-Test auf signifikante Unterschiede getestet. Die Signifikanz wurde auf einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ getestet.

Zur statistischen Auswertung wurde die SPSS Software Version 23 verwendet. Die Diagramme wurden mit Microsoft Excel: mac 2011, die Tabellen mit Microsoft Excel: mac 2011 und Microsoft Word: mac 2011 erstellt.

Alle Werte sind angegeben als Mittelwert \pm Standardabweichung.

3. ERGEBNISSE

3.1 Patientenkollektiv

Das nachuntersuchte Gesamtkollektiv bestand aus 20 Patienten. Bei 12 Patienten wurde eine Kombination aus einem Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube und bei 8 Patienten Fadenanker zur Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne verwendet.

Das Durchschnittsalter bei Ruptur betrug für das Gesamtkollektiv $48,6 \pm 7,8$ Jahre, für die CBIS-Gruppe $49,5 \pm 9,2$ Jahre und für die FA-Gruppe $47,1 \pm 5,4$ Jahre. Dies stellte keinen signifikanten Unterschied dar.

Insgesamt traten die Rupturen in 10 Fällen am dominanten und in 10 Fällen am nicht dominanten Arm auf. In der CBIS-Gruppe traten 5 Rupturen am dominanten und 7 am nicht dominanten Arm, in der FA-Gruppe 5 Rupturen am dominanten und 3 am nicht dominanten Arm auf. Dies stellte einen Unterschied der beiden Gruppen dar, jedoch war dieser nicht statistisch signifikant.

Im Gesamtkollektiv traten 17 komplette und 3 partielle Rupturen auf. In der CBIS-Gruppe waren dies 11 komplette und 1 partielle Ruptur und in der FA-Gruppe 6 komplette und 2 partielle Rupturen, was keinen signifikanten Unterschied darstellte.

Die durchschnittliche Follow-up-Zeit des Gesamtkollektives betrug $34,1 \pm 22,6$ Monate, diejenige der CBIS-Gruppe $19,2 \pm 8,3$ Monate und diejenige der FA-Gruppe $56,4 \pm 18,3$ Monate. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Die Raucheranamnese war positiv in insgesamt 10 von 20 Fällen. In der CBIS-Gruppe wiesen 58,6 % und in der FA-Gruppe 37,5 % eine positive Raucheranamnese auf, was keinem signifikanten Unterschied entsprach.

Patienten	Anzahl	Alter bei Ruptur	Betroffener Arm		Art der Ruptur		Follow-up-Zeit
			Dominant	Nicht Dominant	Komplett	Partiell	
Gesamt	20	$48,6 \pm 7,8$	10	10	17	3	$34,1 \pm 22,6$
CBIS-Gruppe	12	$49,5 \pm 9,2$	5	7	11	1	$19,2 \pm 8,3$
FA-Gruppe	8	$47,1 \pm 5,4$	5	3	6	2	$56,4 \pm 18,3$
		n.s.	n.s.		n.s.		$p < 0,05$

Tabelle 1: Demografische und klinische Charakteristika der nachuntersuchten Patienten. Alter bei Ruptur angegeben als Mittelwert \pm Standardabweichung in Jahren. Follow-up-Zeit angegeben als Mittelwert \pm Standardabweichung in Monaten. Testung der Signifikanz des Unterschiedes des Alters bei Ruptur mit dem T-Test, des betroffenen Armes und der Art der Ruptur mit dem Exakten-Fischer-Test und der Follow-up-Zeit mit dem Mann-Whitney-U-Test auf einem Signifikanzniveau von 0,05.

3.2 Nachuntersuchung

3.2.1 DASH-Fragebogen, DASH-Score Sport- und Musik-Modul und Arbeits- und Berufs-Modul

Der DASH-Score des Gesamtkollektives für den DASH-Fragebogen betrug $5,9 \pm 8,7$. Die FA-Gruppe hatte mit $1,7 \pm 2,3$ ein niedrigeres Ergebnis als die CBIS-Gruppe mit $8,8 \pm 10,3$, was einem besseren funktionellen Ergebnis entsprach. Der Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant ($p = 0,13$).

Der DASH-Score des Gesamtkollektives für das Sport- und Musik-Modul betrug $7,3 \pm 10,3$. Die FA-Gruppe hatte mit $6,3 \pm 10,8$ ein niedrigeres Ergebnis als die CBIS-Gruppe mit $8 \pm 10,5$, was einem besseren funktionellen Ergebnis entsprach. Der Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant ($p = 0,61$). In beiden Gruppen wurde das Sport- und Musik-Modul von jeweils einem Patienten nicht ausgefüllt, da diese weder Sport trieben, noch ein Instrument spielten.

Der DASH-Score des Gesamtkollektives für das Arbeits- und Berufs-Modul betrug $5,3 \pm 9,4$. Die FA-Gruppe hatte mit $3,1 \pm 8,8$ ein niedrigeres Ergebnis als die CBIS-Gruppe mit $6,8 \pm 9,9$. Der Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant ($p = 0,34$). In der CBIS-Gruppe füllte ein Patient das Arbeits- und Berufs-Modul nicht aus, da er berentet war.

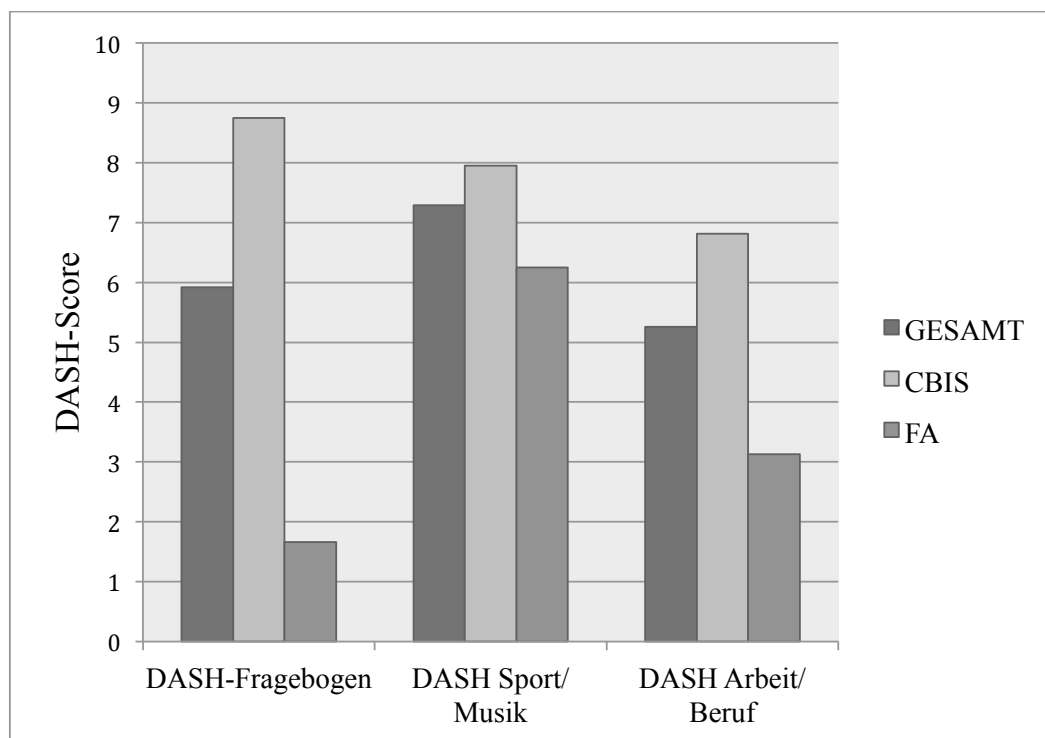


Diagramm 1: DASH-Score des DASH-Fragebogens, des DASH-Sport- und Musik-Modules und des DASH-Arbeits- und Berufs-Modules für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe.

3.2.2 Mayo Elbow Performance Score

Der Mayo Elbow Performance Score des Gesamtkollektives betrug $96,5 \pm 6,1$. Das Ergebnis der FA-Gruppe war mit $98,1 \pm 5,3$ leicht höher als das der CBIS-Gruppe mit $95,4 \pm 6,6$, was einem besseren funktionellen Resultat entsprach. Der Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant ($p = 0,21$). Gemäß der Einteilung des Mayo Elbow Performance Scores erzielten in der CBIS-Gruppe 9 Patienten ein exzellentes und 3 Patienten ein gutes Ergebnis. In der FA-Gruppe erzielten 7 Patienten ein exzellentes und 1 Patient ein gutes Ergebnis.

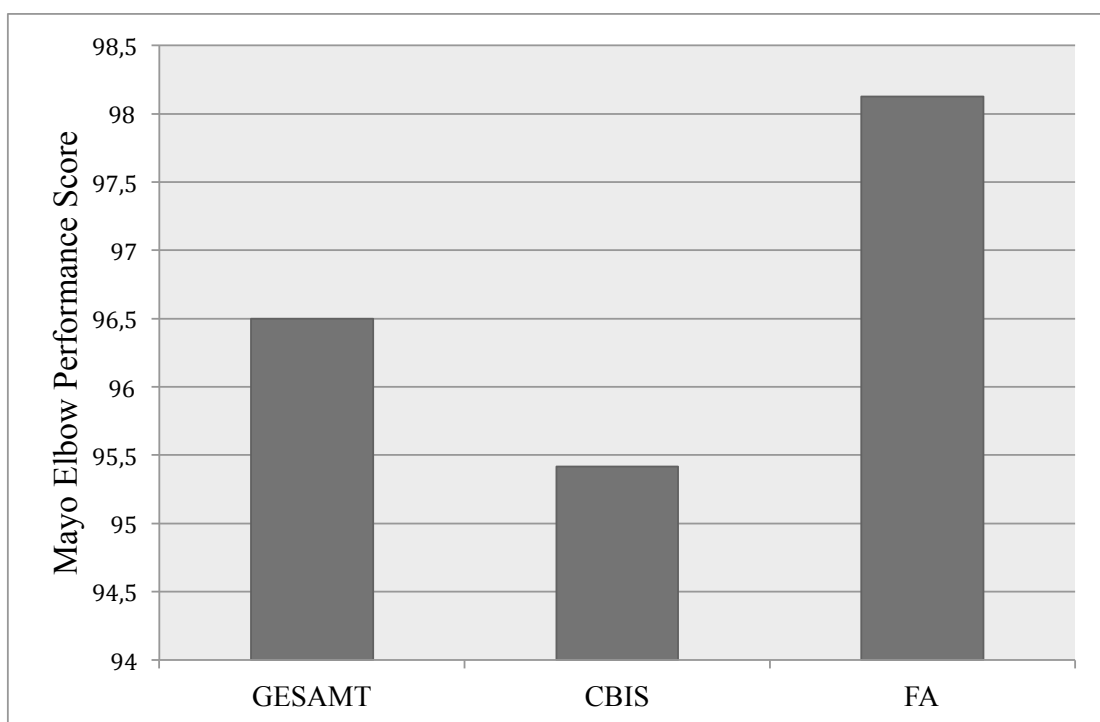


Diagramm 2: Mayo Elbow Performance Score für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe.

3.2.3 Messung des Armumfanges

Der Umfang des operierten Armes 15 cm proximal des Epicondylus medialis betrug im Vergleich zur kontralateralen Seite für das Gesamtkollektiv $100,6 \pm 3,7 \%$. Die CBIS-Gruppe erzielte einen Wert von $99,1 \pm 3,7 \%$ und die FA-Gruppe $102,7 \pm 2,5 \%$. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p = 0,03$).

Der Umfang des operierten Armes auf Höhe des Epicondylus medialis betrug im Vergleich zur kontralateralen Seite für das Gesamtkollektiv $101 \pm 2,7 \%$. Die CBIS-Gruppe erzielte einen Wert von $100,8 \pm 2,8 \%$ und die FA-Gruppe $101,3 \pm 2,8 \%$. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,75$).

Der Umfang des operierten Armes 10 cm distal des Epicondylus medialis betrug im Vergleich zur kontralateralen Seite für das Gesamtkollektiv $100,7 \pm 3,2 \%$. Die CBIS-Gruppe erzielte einen Wert von $100,2 \pm 1,6 \%$ und die FA-Gruppe $101,6 \pm 4,7 \%$. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,34$).

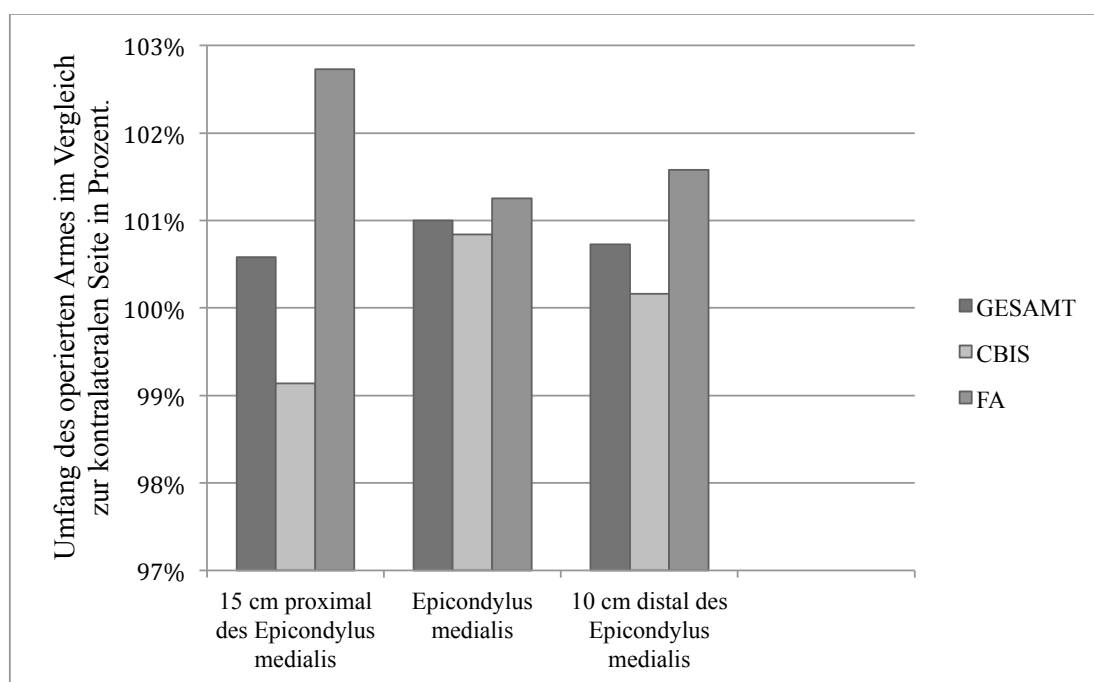


Diagramm 3: Umfangsmessung des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite in Prozent 15 cm proximal des Epicondylus medialis, auf Höhe des Epicondylus medialis und 10 cm distal des Epicondylus medialis für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe.

3.2.4 Messung des Bewegungsausmaßes

Das Bewegungsausmaß des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite für Extension betrug in beiden Gruppen 100 %. Kein Patient wies ein Streckdefizit auf.

Das Bewegungsausmaß des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite für Flexion betrug für das Gesamtkollektiv $99,2 \pm 2$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $99,5 \pm 1,9\%$ und die FA-Gruppe $98,8 \pm 2,2$ % der Flexionsfähigkeit der nicht operierten Gegenseite. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,43$).

Das Bewegungsausmaß des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite für Supination betrug für das Gesamtkollektiv $94,2 \pm 4,1$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $93,7 \pm 4,6$ % und die FA-Gruppe $94,9 \pm 3,3$ % der Supinationsfähigkeit der nicht operierten Gegenseite. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,53$).

Das Bewegungsausmaß des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite für Pronation betrug für das Gesamtkollektiv $95,9 \pm 8,9$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $93,9 \pm 9,7$ % und die FA-Gruppe $99 \pm 7,2$ % der Pronationsfähigkeit der nicht operierten Gegenseite. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,21$).

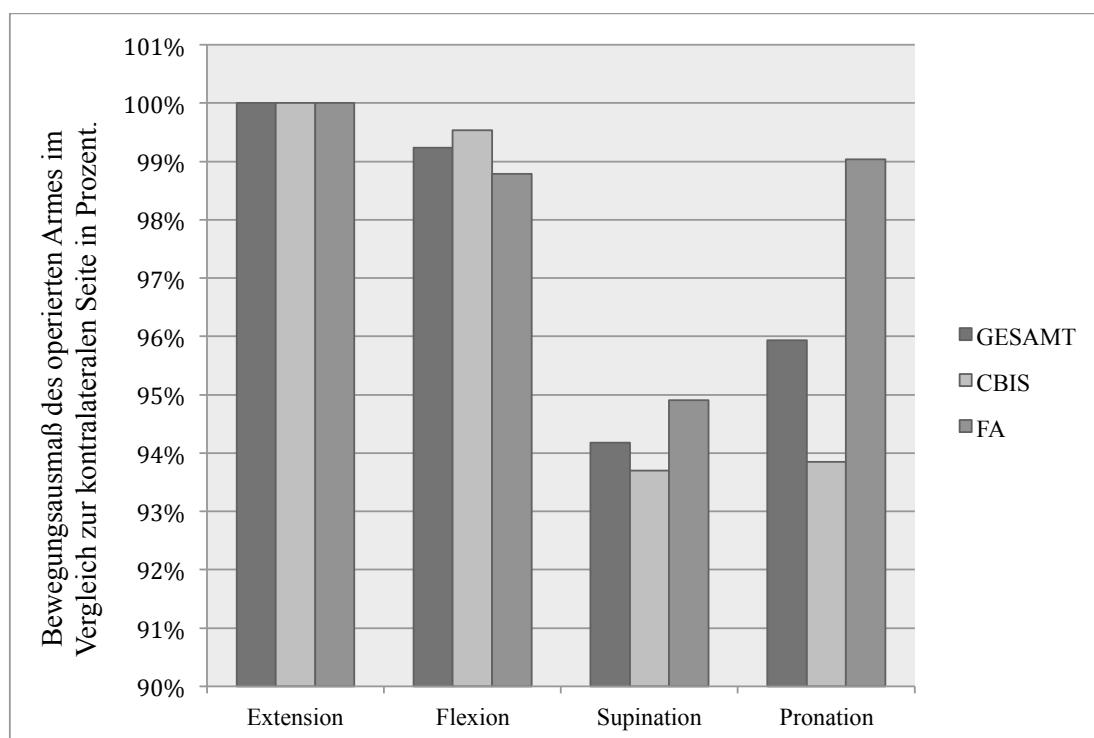


Diagramm 4: Bewegungsausmaß des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite in Prozent für Extension, Flexion, Supination und Pronation für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe.

3.2.5 Kraftmessung der Flexion

Die Flexionskraft des operierten Armes im Vergleich zur kontralateralen Seite aus 0° Flexion betrug für das Gesamtkollektiv $96,5 \pm 19,4$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $89,9 \pm 18,3$ % und die FA-Gruppe $106,3 \pm 17,8$ %. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,06$).

Die Flexionskraft des operierten Armes im Vergleich zur kontralateralen Seite aus 45° Flexion betrug für das Gesamtkollektiv $96,6 \pm 17,3$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $95,5 \pm 16,8$ % und die FA-Gruppe $98,3 \pm 19,2$ %. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,74$).

Die Flexionskraft des operierten Armes im Vergleich zur kontralateralen Seite aus 90° Flexion betrug für das Gesamtkollektiv $96,9 \pm 15,7$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $93,5 \pm 12,5$ % und die FA-Gruppe $102 \pm 19,5$ %. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,25$).

Die Flexionskraft des operierten Armes im Vergleich zur kontralateralen Seite aus 135° Flexion betrug für das Gesamtkollektiv $98,6 \pm 21,2$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $95,1 \pm 18,5$ % und die FA-Gruppe $103,9 \pm 25,1$ %. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,38$).

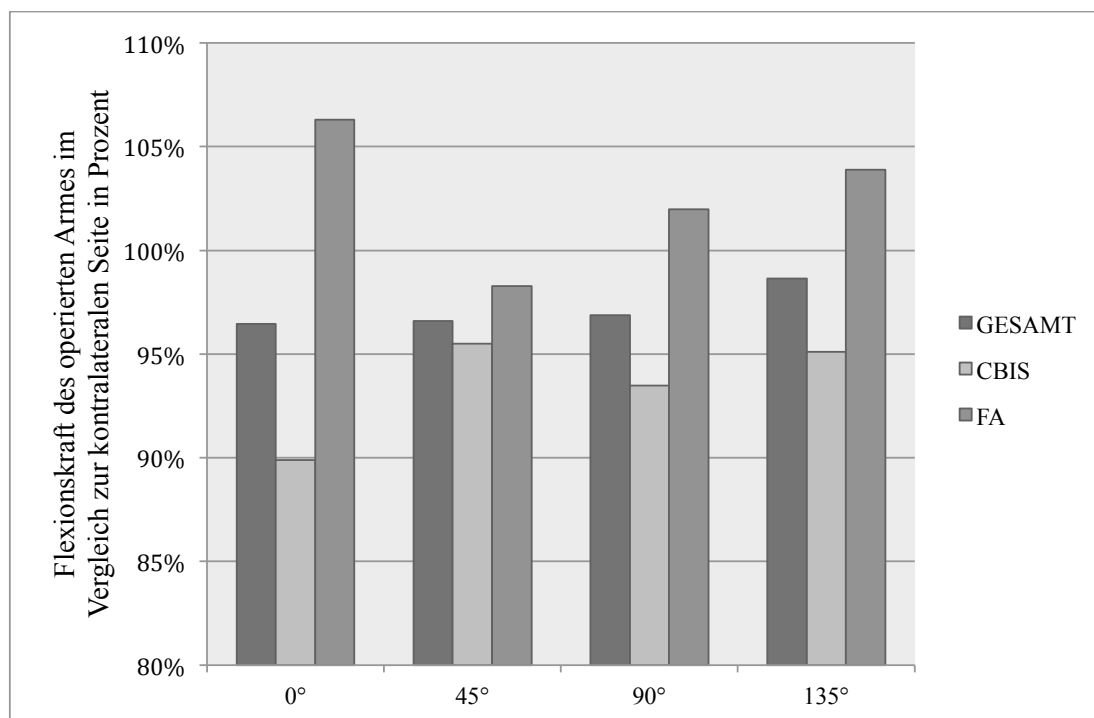


Diagramm 5: Flexionskraft des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite in Prozent aus 0°, 45°, 90° und 135° Flexion für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe.

3.2.6 Kraftmessung der Supination

Die Supinationskraft des operierten Armes im Vergleich zur kontralateralen Seite aus maximaler Supination betrug für das Gesamtkollektiv $68,5 \pm 35,7$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $62,3 \pm 26,7$ % und die FA-Gruppe $77,8 \pm 46,7$ %. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,36$).

Die Supinationskraft des operierten Armes im Vergleich zur kontralateralen Seite aus neutraler Position betrug für das Gesamtkollektiv $72,6 \pm 23,4$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte 66 ± 21 % und die FA-Gruppe $82,6 \pm 24,5$ %. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0,12$).

Die Supinationskraft des operierten Armes im Vergleich zur kontralateralen Seite aus maximaler Pronation betrug für das Gesamtkollektiv $94,2 \pm 16,6$ %. Die CBIS-Gruppe erzielte $85,5 \pm 12$ % und die FA-Gruppe $107,2 \pm 13,9$ %. Der Unterschied war statistisch signifikant ($p = 0,002$ / $p < 0,05$).

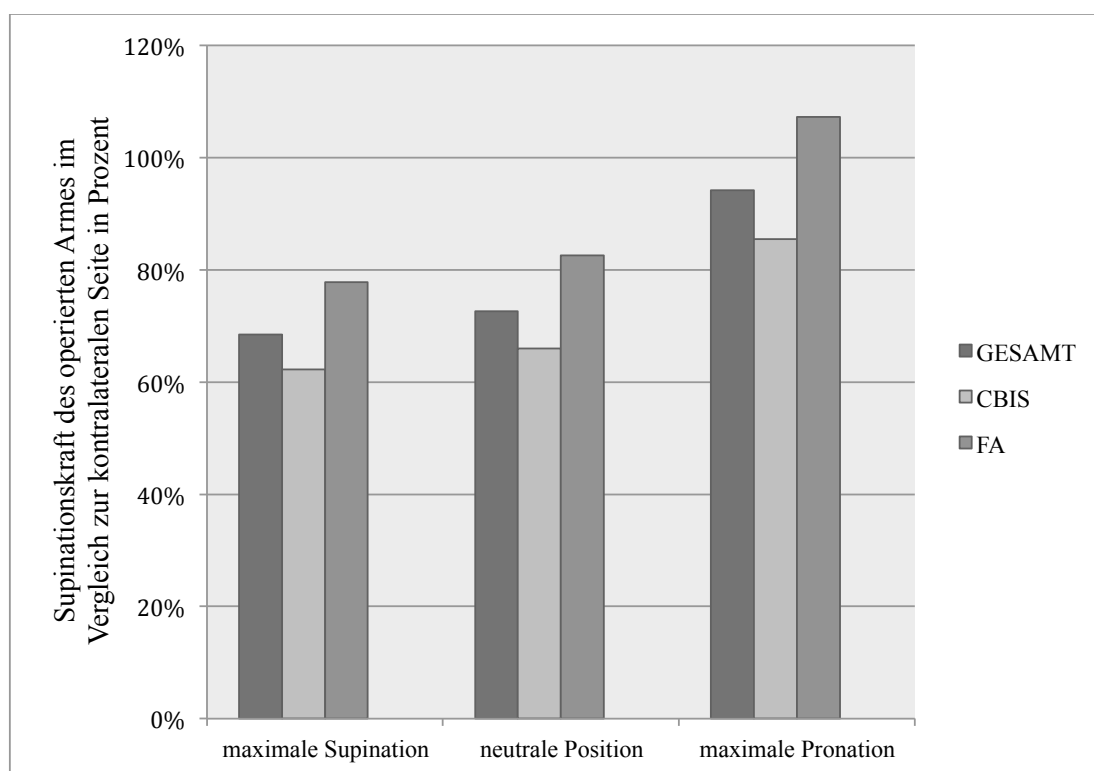


Diagramm 6: Supinationskraft des operierten Armes im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite in Prozent aus maximaler Supination, neutraler Position und maximaler Pronation für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe.

3.2.7 Übersicht

Patienten	DASH-Fragebogen	DASH Sport/ Musik	DASH Arbeit/ Beruf
Gesamt	5,9 ± 8,7	7,3 ± 10,3	5,3 ± 9,4
CBIS-Gruppe	8,8 ± 10,3	8 ± 10,5	6,8 ± 9,9
FA-Gruppe	1,7 ± 2,3	6,3 ± 10,8	3,1 ± 8,8
	n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 2: DASH-Score des DASH-Fragebogens, des DASH Sport- und Musik-Moduls und des DASH Arbeits- und Berufs-Moduls für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe. Test auf statistische Signifikanz mit dem Mann-Whitney-U-Test.

Patienten	Mayo Elbow Performance Score
Gesamt	96,5 ± 6,1
CBIS-Gruppe	95,4 ± 6,6
FA-Gruppe	98,1 ± 5,3
	n.s.

Tabelle 3: Mayo Elbow Performance Score für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe. Test auf statistische Signifikanz mit dem Mann-Whitney-U-Test.

Patienten	UMF-15cm prox.-E.	UMF-E.	UMF-10cm dist.-E.
Gesamt	100,6 ± 3,7 %	101 ± 2,7 %	100,7 ± 3,2 %
CBIS-Gruppe	99,1 ± 3,7 %	100,8 ± 2,8 %	100,2 ± 1,6 %
FA-Gruppe	102,7 ± 2,5 %	101,3 ± 2,8 %	101,6 ± 4,7 %
	p < 0,05	n.s.	n.s.

Tabelle 4: Umfang des operierten Armes im Vergleich zum kontralateralen Arm 15 cm proximal des Epicondylus medialis, auf Höhe des Epicondylus medialis und 10 cm distal des Epicondylus medialis für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe. Angabe in Prozent. Test auf statistische Signifikanz mit dem T-Test. Unterschied statistisch signifikant für den Umfang 15 cm proximal des Epicondylus medialis (p = 0,03).

Patienten	Extension	Flexion	Supination	Pronation
Gesamt	100 %	99,2 ± 2 %	94,2 ± 4,1 %	95,9 ± 8,9 %
CBIS-Gruppe	100 %	99,5 ± 1,9 %	93,7 ± 4,6 %	93,9 ± 9,7 %
FA-Gruppe	100 %	98,8 ± 2,2 %	94,9 ± 3,3 %	99 ± 7,2 %
		n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 5: Bewegungsausmaß des operierten Armes im Vergleich zum kontralateralen Arm für Extension, Flexion, Supination und Pronation für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe. Angabe in Prozent. Test auf statistische Signifikanz mit dem T-Test.

Patienten	0°	45°	90°	135°
Gesamt	96,5 ± 19,4 %	96,6 ± 17,3 %	96,9 ± 15,7 %	98,6 ± 21,2 %
CBIS-Gruppe	89,9 ± 18,3 %	95,5 ± 16,8 %	93,5 ± 12,5 %	95,1 ± 18,5 %
FA-Gruppe	106,3 ± 17,8 %	98,3 ± 19,2 %	102 ± 19,5 %	103,9 ± 25,1 %
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 6: Flexionskraft des operierten Armes im Vergleich zum kontralateralen Arm aus 0°, 45°, 90° und 135° Flexion für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe. Angabe in Prozent. Test auf statistische Signifikanz mit dem T-Test.

Patienten	Max. Supination	Neutrale Position	Max. Pronation
Gesamt	68,5 ± 35,7 %	72,6 ± 23,4 %	94,2 ± 16,6 %
CBIS-Gruppe	62,3 ± 26,7 %	66 ± 21 %	85,5 ± 12 %
FA-Gruppe	77,8 ± 46,7 %	82,6 ± 24,5 %	107,2 ± 13,9 %
	n.s.	n.s.	p < 0,05

Tabelle 7: Supinationskraft des operierten Armes im Vergleich zum kontralateralen Arm aus maximaler Supination, neutraler Position und maximaler Pronation für das Gesamtkollektiv, die CBIS-Gruppe und die FA-Gruppe. Angabe in Prozent. Test auf statistische Signifikanz mit dem T-Test. Unterschied statistisch signifikant für Supinationskraft aus maximaler Pronation (p = 0,002).

3.2.8 MRT-Aufnahmen

Ein Patient der CBIS-Gruppe stand für die kernspintomographische Diagnostik nicht zur Verfügung, so dass MRT-Aufnahmen von insgesamt 11 der 12 Patienten der CBIS-Gruppe und von allen 8 Patienten der FA-Gruppe angefertigt wurden.

Bei allen Patienten, unabhängig von der Operationsmethode, war die Sehne komplett mit dem Knochen verwachsen.

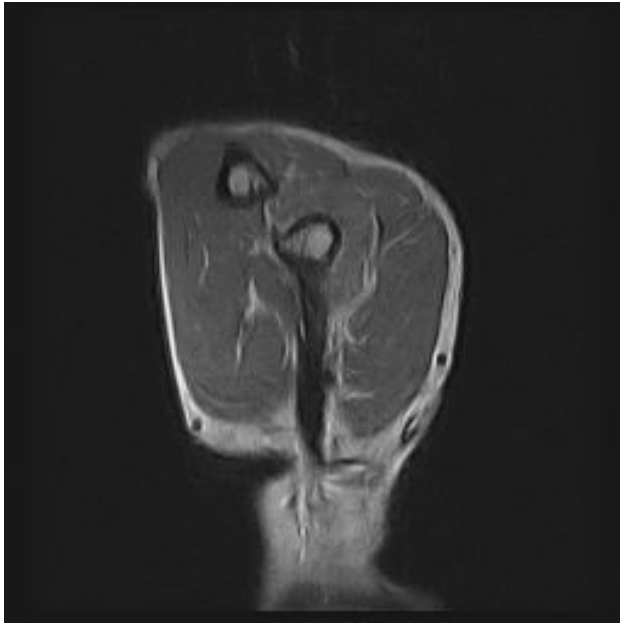
Bei 47,4 % (9/19) der Patienten des Gesamtkollektives war die Sehne schlank und bei 52,6 % (10/19) verbreitert. In der FA-Gruppe waren 75 % (6/8) der Sehnen schlank und 25 % (2/8) verbreitert. In der CBIS-Gruppe waren 27,3 % (3/11) der Sehnen schlank und 72,7 % (8/11) verbreitert.

Bei 52,6 % (10/19) der Patienten des Gesamtkollektives wies die Sehne eine homogene und bei 47,4 % (9/19) eine inhomogene Binnenstruktur auf. In der FA-Gruppe wiesen 75 % (6/8) der Sehnen eine homogene und 25 % (2/8) eine inhomogene Binnenstruktur auf. In der CBIS-Gruppe wiesen 36,4 % (4/11) der Sehnen eine homogene und 63,6 % (7/11) eine inhomogene Binnenstruktur auf.

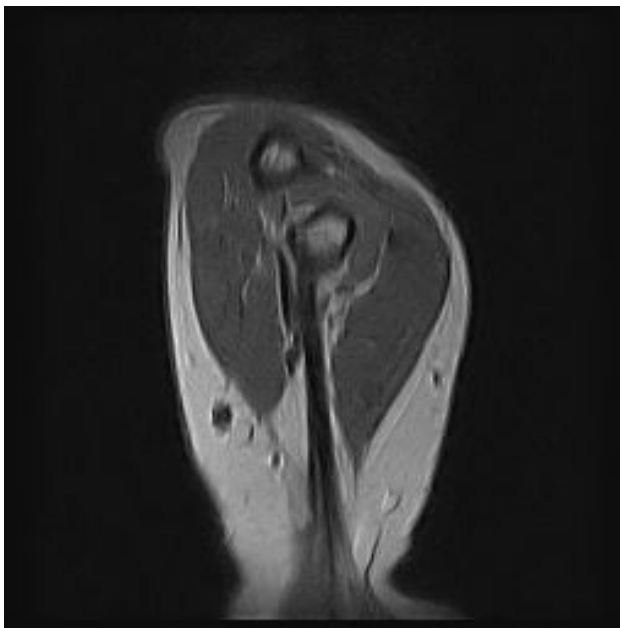
Soweit anhand der MRT-Aufnahmen beurteilbar, zeigte kein Patient Anzeichen einer heterotopen Ossifikation.

Patienten	Kompletter Kontakt	Breite		Homogenität		Heterotope Ossifikation
		schlank	verbreitert	homogen	inhomogen	
FA (n=8)	8	6	2	6	2	0
CBIS (n=11)	11	3	8	4	7	0
GESAMT (n=19)	19	9	10	10	9	0

Tabelle 8: Auswertung der MRT-Aufnahmen.



MRT 1: MRT-Aufnahme aus der CBIS-Gruppe. Sehne komplett mit Knochen verwachsen, schlank, homogene Binnenstruktur, keine heterotopen Ossifikationen.



MRT 2: MRT-Aufnahme aus der FA-Gruppe (2 Fadenanker der Firma Conmed Linvatec, 1 bioresorbierbarer, 1 nicht resorbierbarer Fadenanker). Sehne komplett mit Knochen verwachsen, schlank, homogene Binnenstruktur, keine heterotopen Ossifikationen.

In beiden MRT-Aufnahmen ist die refixierte distale Bicepssehne als schwarzer Strang, welcher vom M. biceps brachii im unteren Bildabschnitt zum Radius in der Mitte des Bildes zieht, erkennbar.

3.3 Postoperative Röntgenbilder



Röntgen 1: Röntgenbild aus der CBIS-Gruppe. Cortical Button erkennbar am dorsalen Radius.



Röntgen 2: Röntgenbild aus der FA-Gruppe. Patient mit 2 Fadenankern der Firma Conmed Linvatec.



Röntgen 3: Röntgenbild aus der FA-Gruppe. Patient mit 1 Fadenanker der Firma Conmed Linvatec.

3.4 Komplikationen

Die aufgetretenen Komplikationen, bei denen es sich um Hypästhesien und eine Parästhesie handelte, waren vorübergehend, d.h. sie wurden während der ersten postoperativen Wochen festgestellt, waren aber zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Rahmen der Studie nicht mehr vorhanden. Des Weiteren wurden in der frühen Nachbehandlungsphase bei einigen Patienten Bewegungseinschränkungen des operierten Armes festgestellt, welche auf die Ruhigstellung des Armes in der Orthese zurückgeführt wurden, mit der Zeit vollständig rückläufig waren und deswegen nicht zu den Komplikationen gezählt wurden. Ebenso wurde das Auftreten von Hämatomen nicht als Komplikation gewertet, da diese sich nach kurzer Zeit zurück bildeten. Wundinfektionen und heterotope Ossifikationen traten nicht auf.

Es trat insgesamt bei nur einem Patienten eine Parästhesie (1/20) auf, welche als Kribbeln im Bereich des Daumens beschrieben wurde. Die Hypästhesien (5/20) traten einmal am lateralen Handrücken (im Bereich der MCP-Gelenke 4/5), einmal im Bereich des Daumens und Zeigefingers, einmal im Bereich des 3., 4. und 5. Fingers und zweimal am dorso-radialen Unterarm auf. Bei den Bewegungseinschränkungen handelte es sich um vorübergehende Streckdefizite (7/20) und bei einem Patienten um ein vorübergehendes Supinationsdefizit (1/20).

Parästhesien traten in der FA-Gruppe nicht und in der CBIS-Gruppe bei 8,3 % (1/12) der Patienten auf. Hypästhesien traten in der FA-Gruppe bei 25 % (2/8) und in der CBIS-Gruppe ebenso bei 25 % (3/12) der Patienten auf. So ergibt sich für das Gesamtkollektiv eine Komplikationsrate von 30 % (6/20), für die FA-Gruppe von 25 % (2/8) und für die CBIS-Gruppe von 33,3 % (4/12), wobei hervorzuheben ist, dass die Komplikationen bei keinem Patienten von Dauer waren.

Vorübergehende Bewegungseinschränkungen traten bei 35 % (7/20) des Gesamtkollektives, in der FA-Gruppe bei 37,5 % (3/8) und in der CBIS-Gruppe bei 33,3 % (4/12) der Patienten auf. Hämatome fanden sich bei 20 % (4/20) des Gesamtkollektives, in der FA-Gruppe bei 12,5 % (1/8) und in der CBIS-Gruppe bei 25 % (3/12).

Patienten	Parästhesie	Hypästhesie	Komplikationsrate
FA-Gruppe (n=8)	0	2	25 %
CBIS-Gruppe (n=12)	1	3	33,3 %
GESAMT (n=20)	1	5	30 %

Tabelle 9: Vorübergehende Komplikationen in der FA- und der CBIS-Gruppe, so wie im Gesamtkollektiv.

4. DISKUSSION

In der vorliegenden Studie wurde das funktionelle Outcome zweier aktueller single-incision Verfahren zur Refixation der distalen Bicepssehne untersucht. Die Ergebnisse der Refixierung durch Fadenanker und durch eine Kombination aus einem in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button und einer Interferenzschraube, wurden quantifiziert um zu untersuchen, ob sich die biomechanische Überlegenheit der Fixation mittels eines in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button [42] [43] im Vergleich zur Refixation durch Fadenanker auch im funktionellen Ergebnis niederschlägt.

Bisher existierte in der Literatur nur eine Studie von Olsen et al., in der ebenfalls das Ergebnis der Refixierung durch Fadenanker mit dem Ergebnis der Refixierung durch eine Kombination aus einem in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button und einer Interferenzschraube verglichen wurde [41]. Der Aufbau der Nachuntersuchung der vorliegenden Studie ist jedoch deutlich unterschiedlich zu dem von Olsen et al. beschriebenen Versuchsaufbau.

In der vorliegenden Studie wurde sowohl die subjektive Einschätzung der Patienten mittels Fragebögen, als auch eine objektive Beurteilung der Funktionalität der operierten Extremität durch eine Messung des Armumfanges, des Bewegungsausmaßes und der Kraft in Flexion und Supination in den Vergleich einbezogen. Die Messung des Armumfanges ist in diesem Zusammenhang in der Literatur noch nicht beschrieben worden und stellte eine Besonderheit der vorliegenden Studie dar. Die Kraftmessung der Flexion und Supination mittels eines Nottingham Mecmesin Myometers erfolgte in Anlehnung an den von Niemeyer et al. beschriebenen Versuchsaufbau als isometrische Kraftmessung aus verschiedenen Armpositionen [44]. Die Verwendung einer eigens zu diesem Zweck entworfenen Konstruktion zur genauen Messung der Supinationskraft ist in der Literatur noch nicht beschrieben worden, stellte ein wichtiges Element der vorliegenden Studie dar und kann einen Beitrag zur genaueren Messung der Supinationskraft durch Myometer leisten.

4.1 Patientenkollektiv

Das in der vorliegenden Studie nachuntersuchte Patientenkollektiv umfasste mit 20 Patienten eine mit anderen Studien über die Refixierung der distalen Bicepssehne vergleichbare Anzahl an Patienten [37] [45] [46]. Alle Patienten der vorliegenden Studie waren Männer. Dass

hauptsächlich Männer eine Ruptur der distalen Bicepssehne erleiden, wurde in der Literatur beschrieben und mit einem Männeranteil von 93 % [6] bis 95 % angegeben [7].

Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Ruptur lag im Gesamtkollektiv der nachuntersuchten Patienten bei $48,6 \pm 7,8$ Jahren und somit nahe dem in der Literatur beschriebenen Durchschnittsalter von 46,3 Jahren [7]. Die CBIS-Gruppe war mit $49,5 \pm 9,2$ Jahren im Durchschnitt etwas älter als die FA-Gruppe mit $47,1 \pm 5,4$ Jahren. Der Altersunterschied war jedoch nicht groß und nicht statistisch signifikant ($p = 0,52$).

Im nachuntersuchten Gesamtkollektiv von 20 Patienten betrafen 10 Rupturen den dominanten und 10 Rupturen den nicht dominanten Arm. Der Anteil an Rupturen am dominanten Arm ist mit 50 % vergleichbar mit anderen Studien [39] [37]. In der CBIS-Gruppe traten mit 41,7 % weniger Rupturen am dominanten Arm auf als in der FA-Gruppe mit 62,5 %. Allerdings war dieser Unterschied statistisch nicht signifikant ($p = 0,65$).

Von den 20 nachuntersuchten Patienten hatten 85 % eine komplette und 15 % eine partielle Ruptur. In der CBIS-Gruppe traten verhältnismäßig etwas mehr komplette Rupturen und in der FA-Gruppe verhältnismäßig etwas mehr partielle Rupturen auf. Dieser Unterschied der beiden Gruppen war jedoch statistisch nicht signifikant ($p = 0,54$).

Die Raucheranamnese war bei 50 % aller nachuntersuchten Patienten positiv und entspricht somit weitgehend dem durchschnittlichen Anteil an Rauchern unter Patienten mit distaler Bicepssehnenruptur [6]. Die CBIS-Gruppe wies mit 58,6 % mehr Raucher auf, als die FA-Gruppe mit 37,5 %. Dieser Unterschied war allerdings nicht statistisch signifikant ($p = 0,65$). Auf Rauchen als Risikofaktor für die Ruptur der distalen Bicepssehne wurde in der Literatur bereits hingewiesen [6] [7].

Die Follow-up-Zeit des nachuntersuchten Gesamtkollektives betrug $34,1 \pm 22,6$ Monate. Es ist darauf hinzuweisen, dass die CBIS-Gruppe mit durchschnittlich $19,2 \pm 8,3$ Monaten eine kürzere Follow-up-Zeit hatte, als die FA-Gruppe mit $56,4 \pm 18,3$ Monaten. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p < 0,05$). Auch in der bereits erwähnten Studie von Olsen et al., in der ebenfalls das Ergebnis der single-incision Refixierung durch Fadenanker mit dem Ergebnis der single-incision Refixierung durch eine Kombination aus einem mittels „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button und einer Interferenzschraube verglichen wurde, wies die CBIS-Gruppe im Vergleich zur FA-Gruppe eine signifikant kürzere Follow-up-Zeit auf [41].

Als Einschlusskriterium wählten wir u.a. eine Follow-up-Zeit von mindestens 6 Monaten zwischen Operation und Nachuntersuchung, was unserer Meinung nach eine ausreichende Heilung zum Zeitpunkt der Untersuchung zur Folge hatte. Auch in anderen Studien zum

Thema distale Bicepssehnenruptur wurde eine minimale Follow-up-Zeit zwischen Refixierung und Nachuntersuchung von 6 Monaten festgelegt [47], bzw. eine Nachuntersuchung 6 Monate nach Refixierung vorgenommen [48]. Auch wenn wir 6 Monate nach der Operation von einer ausreichenden Einheilung der distalen Bicepssehne ausgingen, ist es möglicherweise denkbar, dass sich die Funktionalität des operierten Armes auch in den folgenden Monaten noch weiter verbessert. Geht man von dieser Annahme aus, so könnte man vermuten, dass die FA-Gruppe aufgrund ihrer längeren Follow-up-Zeit in der Tendenz eine höhere Funktionalität des operierten Armes aufweisen könnte. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Follow-up-Zeit der CBIS-Gruppe zwar kürzer als die der FA-Gruppe war, sie mit $19,2 \pm 8,3$ Monaten im Durchschnitt allerdings mehr als 1,5 Jahre betrug. Wir gingen davon aus, dass nach 1,5 postoperativen Jahren kein weiterer messbarer Zugewinn an Funktionalität des operierten Armes zu erwarten sei und schätzten deshalb die Follow-up-Zeit beider Gruppen als ausreichend und den Einfluss den der Unterschied in der Follow-up-Zeit auf die Ergebnisse der Nachuntersuchung haben könnte, als nicht relevant ein.

4.2 Ergebnisse der Nachuntersuchung

Die Ergebnisse der Nachuntersuchung konnten zeigen, dass die Refixierung der distalen Bicepssehne an die Tuberositas radii in der Regel zu sehr guten Operationsergebnissen und zu hoher Patientenzufriedenheit führt.

Es waren geringe Unterschiede in den Messergebnissen zwischen der FA-Gruppe und der CBIS-Gruppe zu beobachten, wobei die FA-Gruppe fast immer ein etwas besseres Resultat erzielte. Die gezeigten Unterschiede waren jedoch nur in zwei Fällen statistisch signifikant (Messung des Armumfanges 15 cm proximal des Epicondylus medialis und Supinationskraft aus maximaler Pronation).

Der Score des DASH-Fragebogens betrug für das Gesamtkollektiv $5,9 \pm 8,7$. Ein niedriger Score steht für eine gute Funktionsfähigkeit des Armes, so dass dies als sehr gutes Ergebnis anzusehen ist. Die FA-Gruppe erzielte mit $1,7 \pm 2,3$ ein besseres Ergebnis als die CBIS-Gruppe mit $8,8 \pm 10,3$. Teilt man die Studienpopulation ungeachtet der Operationsmethode, nach dem betroffenen Arm auf, so erreichten die Patienten, bei denen die Ruptur auf der nicht dominanten Seite auftrat ein geringfügig besseres Ergebnis, als Patienten, bei denen die Ruptur auf der dominanten Seite auftrat ($5,8 \pm 8$ vs. $6,1 \pm 9,8$; Unterschied statistisch nicht signifikant). Somit lässt sich der bessere DASH-Score der FA-Gruppe wohl nicht durch die

höhere Rate an Rupturen des dominanten Armes in der FA-Gruppe erklären. Allerdings rissen mit Werten von 25,8 und 30 zwei Patienten der CBIS-Gruppe nach oben aus, während solche Ausreißer in der FA-Gruppe nicht beobachtet werden konnten. Dies könnte ein Grund für das bessere Ergebnis der FA-Gruppe sein. Insgesamt ist festzuhalten, dass der Unterschied im DASH-Score zwischen der FA- und der CBIS-Gruppe nicht statistisch signifikant ($p = 0,13$) und geringer als der von Roy et al. beschriebene minimale klinisch relevante Unterschied des DASH-Scores von 10,2 war [49].

Der DASH-Score der FA-Gruppe der vorliegenden Studie war etwas besser als er in anderen Arbeiten, welche das Ergebnis der Refixierung durch Fadenanker untersuchten, beschrieben wurde [50] [46] [41]. Der DASH-Score der CBIS-Gruppe unserer Studie war im Vergleich zur Arbeit von Olsen et al., in der u.a. das Ergebnis der Refixierung durch eine Kombination aus einem Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube untersucht wurde, geringfügig schlechter [41].

Ähnlich den Ergebnissen des DASH-Fragebogens zeigte sich auch bei dem DASH Sport- und Musik-Modul und bei dem DASH Arbeits- und Berufs-Modul ein niedriger Score des Gesamtkollektives, was für eine gute Funktionalität des operierten Armes spricht, wobei die FA-Gruppe in beiden Modulen ein etwas besseres Ergebnis erzielte. Mit Werten im DASH Sport- und Musik-Modul von $6,3 \pm 10,8$ für die FA-Gruppe und $8 \pm 10,5$ für die CBIS-Gruppe und im DASH Arbeits- und Berufs-Modul von $3,1 \pm 8,8$ für die FA-Gruppe und $6,8 \pm 9,9$ für die CBIS-Gruppe, waren die Unterschiede allerdings gering und statistisch nicht signifikant ($p = 0,61$; $p = 0,34$).

In einer anderen Studie in der ebenfalls das DASH Sport- und Musik-Modul und das DASH Arbeits- und Berufs-Modul verwendet wurde um zwei verschiedene Refixierungsmethoden zu untersuchen, kamen die Autoren zu vergleichbaren Ergebnissen [51], woraus sich ableiten lässt, dass durch die Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne unabhängig von der Operationsmethode, ein hoher Grad an vom Patienten subjektiv wahrgenommener Funktionalität des operierten Armes in den Bereichen Sport, Musik, Arbeit und Beruf erreicht werden kann.

Ein ähnliches Bild zeigte die Auswertung des Mayo Elbow Performance Scores, welcher die vier Bereiche Schmerz, Bewegungsumfang, Stabilität und Funktion zu einem Gesamtergebnis zusammenfügt. Der Wert von $96,5 \pm 6,1$ von 100 möglichen Punkten für das Gesamtkollektiv zeigte ein zufriedenstellendes Ergebnis an. Punktzahlen über 90 werden dem Klassifikationssystem des Mayo Elbow Performance Scores zur Folge als „exzellent“

bezeichnet. Dies traf auf 80 % der Patienten zu. Die restlichen 20 % erreichten Punktzahlen zwischen 75 und 89, was als „gut“ bewertet wird. Das Ergebnis der FA-Gruppe war mit $98,1 \pm 5,3$ geringfügig besser als das der CBIS-Gruppe mit $95,4 \pm 6,6$, wobei der Durchschnitt beider Gruppen als „exzellent“ klassifiziert werden konnte und der Unterschied nicht statistisch signifikant war ($p = 0,21$). Grobe Ausreißer konnten nicht beobachtet werden.

In anderen Studien wurden nach Refixierung der distalen Bicepssehne durch unterschiedliche Operationsmethoden ähnliche Werte des Mayo Elbow Performance Scores beschrieben [45] [48] [25].

Die Zusammenschau dieser Ergebnisse bestärkt die Annahme, dass unabhängig von der Operationsmethode durch Refixierung der distalen Bicepssehne ein sehr gutes funktionelles Ergebnis erzielt werden kann.

Die Messung des Armumfanges konnte zeigen, dass durch die Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne eine normale Armkontur wieder hergestellt werden kann. Diese Aussage wird durch die Messwerte des Gesamtkollektives, angegeben als Prozentwerte der Messwerte der intakten Gegenseite, von $100,6 \pm 3,7$ % 15 cm proximal des Epicondylus medialis, $101 \pm 2,7$ % auf Höhe des Epicondylus medialis und $100,7 \pm 3,2$ % 10 cm distal des Epicondylus medialis, untermauert. Die FA-Gruppe wies 15 cm proximal des Epicondylus medialis mit $102,7 \pm 2,5$ % ein statistisch signifikant unterschiedliches Ergebnis im Vergleich zur CBIS-Gruppe mit $99,1 \pm 3,7$ % auf ($p = 0,03$). Unter der Annahme, dass die dominante Extremität tendenziell einen etwas größeren Armumfang aufweist, als die nicht dominante, könnte der Unterschied zwischen FA- und CBIS-Gruppe auf den höheren Anteil an Rupturen des dominanten Armes in der FA-Gruppe zurückzuführen sein. Teilt man die Studienpopulation nicht nach der Operationsmethode, sondern nach dem betroffenen Arm ein, so weisen die Patienten, bei denen die Ruptur auf der dominanten Seite auftrat einen signifikant größeren Armumfang 15 cm proximal des Epicondylus medialis auf, als die Patienten, bei denen die Ruptur auf der nicht dominanten Seite auftrat ($102,2 \pm 3,1$ % vs. $98,9 \pm 3,6$ %; $p < 0,05$), was den oben beschriebenen Zusammenhang erklären könnte. Auf Höhe des Epicondylus medialis, so wie 10 cm distal des Epicondylus medialis lagen die Werte beider Gruppen sehr nahe aneinander und waren nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0,75$; $p = 0,34$).

Trotz des signifikanten Unterschiedes in einer der Messungen kann gefolgert werden, dass beide Operationsmethoden die Armkontur, welche nach Ruptur der distalen Bicepssehne häufig in Form eines nach proximal retrahierten M. biceps brachii verändert ist, in

vergleichbarer Weise wiederherstellen können. Die Messergebnisse stimmten mit dem klinisch beobachteten Erscheinungsbild der operierten Arme überein.

Das Bewegungsausmaß im Vergleich zur kontralateralen Seite für die Extension des Armes erreichte bei allen nachuntersuchten Patienten einen Wert von 100 %. In der Flexionsfähigkeit im Vergleich zur Gegenseite wichen die beiden untersuchten Gruppen nicht wesentlich voneinander ab. In der CBIS-Gruppe war diese mit $99,5 \pm 1,9$ % nur geringfügig höher als in der FA-Gruppe mit $98,8 \pm 2,2$ % ($p = 0,43$). Hieraus lässt sich ableiten, dass sowohl die Refixierung durch Fadenanker, als auch die Refixierung durch eine Kombination eines in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button und einer Interferenzschraube zu einem nahezu vollständigen Bewegungsausmaß in der Flexions-Extensions-Achse führen kann. In der Supinations-Pronations-Achse konnte ein leichter Verlust des Bewegungsausmaßes beobachtet werden. Dieser fiel mit $94,2 \pm 4,1$ % für die Supination etwas stärker aus als für die Pronation mit $95,9 \pm 8,9$ % (Werte des Gesamtkollektives im Vergleich zur kontralateralen Extremität). Hierbei wies die FA-Gruppe sowohl in Supination, als auch in Pronation ein geringfügig besseres Ergebnis als die CBIS-Gruppe auf. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant ($p = 0,53$; $p = 0,21$) und sollten keinen relevanten Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des Armes darstellen. Dass der Verlust des Bewegungsausmaßes nach Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne in der Supinations-Pronations-Achse größer ist als in der Flexions-Extensions-Achse, wurde auch in anderen Studien gezeigt [36] [39] [41].

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass für die meisten Aktivitäten des Alltags ein Bewegungsausmaß von 100° in der Flexions-Extensions-Achse (von 30° Flexion zu 130° Flexion) und 100° in der Supinations-Pronations-Achse (50° Pronation und 50° Supination) ausreicht [52]. Dieses Bewegungsausmaß wurde postoperativ von allen Patienten unserer Studie, unabhängig der Gruppenzugehörigkeit, erreicht und es klagte kein Patient über eine deutliche Bewegungseinschränkung des operierten Armes.

Die Kraftmessung der Flexion zeigte, dass durch Refixierung der distalen Bicepssehne eine nahezu vollständige Wiederherstellung der Flexionskraft erreicht werden kann. Aus allen vier Positionen (0° , 45° , 90° und 135° Flexion) erzielte das Gesamtkollektiv Werte, welche im Vergleich zur nicht operierten Extremität nahe 100 % lagen. Andere Studien in denen ebenfalls die Flexionskraft nach Refixierung der distalen Bicepssehne untersucht wurde, kamen zu vergleichbaren Ergebnissen [41] [46] [47] [37]. Es fanden sich aber auch Studien in

denen, nach Refixierung der distalen Bicepssehne, geringere Werte für die Flexionskraft gemessen wurden [39] [45].

In der vorliegenden Studie schnitt die FA-Gruppe in allen Teilmessungen besser ab, als die CBIS-Gruppe. Allerdings waren die Unterschiede statistisch nicht signifikant. Unter der Annahme, dass mit der dominanten Extremität höhere Werte für die Flexionskraft erzielt werden als mit der nicht dominanten, könnten die höheren Kraftwerte der FA-Gruppe auf den höheren Anteil an Rupturen des dominanten Armes in der FA-Gruppe zurückzuführen sein. Dies erschien plausibel, wenn man die Studienpopulation anhand des betroffenen Armes aufteilte, da die Patienten mit Rupturen am dominanten Arm in jeder der vier Teilmessungen eine größere und aus 45° Flexion auch signifikant ($p < 0,05$) größere Flexionskraft aufwiesen, als die Patienten mit Rupturen am nicht dominanten Arm.

Des Weiteren fiel bei Betrachtung der einzelnen Messwerte auf, dass in allen vier Teilmessungen der Flexionskraft die höchsten Ergebnisse in der FA-Gruppe erzielt wurden und drei dieser vier Höchstmessungen mit Ergebnissen von 136,8 % aus 0° Flexion, 129,7 % aus 45° Flexion und 148,5 % aus 135° Flexion von dem selben Patienten stammten. Somit enthielt die FA-Gruppe einen deutlichen Ausreißer.

Die Messung der Supinationskraft zeigte, dass auch nach Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne ein messbarer Kraftverlust der Supination fortbestehen kann. Dieser variierte je nach Armposition und wurde mit Zunahme der Pronation geringer. So betrug die Supinationskraft des Gesamtkollektives, angegeben als Prozentwert der Kraft der intakten Gegenseite, aus maximaler Supination $68,5 \pm 35,7$ %, aus neutraler Position $72,6 \pm 23,4$ % und aus maximaler Pronation $94,2 \pm 16,6$ %. Die Beobachtung, dass die Supinationskraft aus Pronation größer ist als aus Supination wurde auch von Schmidt et al. beschrieben.

Des Weiteren kamen Schmidt et al. zu dem Ergebnis, dass die konservative Therapie der Ruptur der distalen Bicepssehne zu einem Kraftverlust der Supination aus neutraler Position von 60 % führte [53]. Der Verlust der Supinationskraft aus neutraler Position fiel mit 27,4 % für das Gesamtkollektiv der vorliegenden Studie deutlich geringer aus, was den Vorteil der operativen Refixierung der distalen Bicepssehne gegenüber einem konservativen Vorgehen unterstrich.

In allen Positionen (maximale Supination, neutrale Position, maximale Pronation) erreichte die FA-Gruppe höhere Supinationskraftwerte als die CBIS-Gruppe. Die Ergebnisse waren allerdings nur für die Messung aus maximaler Pronation signifikant unterschiedlich ($p = 0,002$). Der höhere Anteil an Rupturen des dominanten Armes in der FA-Gruppe konnte

jedoch nicht wie im Falle der Flexionskraft zur Erklärung der höheren Werte der FA-Gruppe für die Supinationskraftmessung herangezogen werden. Teilte man die Studienpopulation nach dem betroffenen Arm auf, so wiesen die Patienten, bei denen die Ruptur am dominanten Arm aufgetreten war in allen drei Positionen geringere Supinationskraftwerte auf, als die Patienten, bei denen die Ruptur am nicht dominanten Arm aufgetreten war. Bemerkenswert war aber, dass die Ergebnisse einzelner Patienten der FA-Gruppe in einem Maß nach oben ausrißen, wie es in der CBIS-Gruppe nicht beobachtet werden konnte. Während beispielsweise das Mittel der FA-Gruppe für die Supinationskraft aus maximaler Supination bei $77,8 \pm 46,7$ % lag, erreichten zwei Patienten Werte von 153,4 % und 142 %. Zum Vergleich lag das Mittel der CBIS-Gruppe für die Supinationskraft aus maximaler Supination bei $62,3 \pm 26,7$ % und nur ein Patient dieser Gruppe erreichte mit 119,7 % einen Wert von über 100 %. Bemerkenswert war auch, dass die höchsten Ergebnisse aus neutraler Position und aus maximaler Pronation mit 109,3 % und 135,8 %, von dem selben Patienten aus der FA-Gruppe stammten, der bereits die höchsten Ergebnisse für die Flexionskraft aus 0° , 45° und 135° Flexion erzielte.

Ähnlich den Ergebnissen der vorliegenden Studie beschrieben auch Olsen et al. einen geringeren Verlust der Supinationskraft für die Fadenanker-Gruppe, als für die Patienten, die mit einer Kombination aus einem Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube, operiert wurden [41].

In anderen Studien wurde von Werten der Supinationskraft nach Refixierung der distalen Bicepssehne zwischen 63,6 % und 91 % berichtet [46] [39] [47] [45].

In Zusammenschau der Ergebnisse der vorliegenden Studie und den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen ließ sich feststellen, dass häufig trotz Refixierung der distalen Bicepssehne ein variabler Kraftverlust der Supination fortbestehen kann. Dies könnte mit der speziellen Anatomie der Insertion der distalen Bicepssehne an die Tuberositas radii (siehe Kapitel 1.1.1 Anatomie) und der daraus resultierenden komplexen Aufgabe der anatomisch korrekten Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne in Zusammenhang stehen.

Als Stärke dieser Studie ist die Tatsache hervorzuheben, dass durch die Entwicklung der im Material und Methoden Teil beschriebenen Konstruktion die Supinationskraft auf standardisierte und reproduzierbare Weise aus verschiedenen Armpositionen gemessen werden konnte.

Anhand der MRT-Aufnahmen war eine genaue Beurteilung der refixierten distalen Bicepssehnen möglich. In allen Fällen heilte die Sehne komplett am Knochen an und es

konnten, soweit anhand von MRT-Aufnahmen beurteilbar, keine Anzeichen für heterotope Ossifikationen festgestellt werden. Vergleichbare Ergebnisse ließen sich in der Literatur finden [50]. Auf Grundlage dieser Beobachtungen konnte gefolgert werden, dass beide Operationsverfahren zu einer zufriedenstellenden Einheilung der Sehne führen können, welche den ursprünglichen anatomischen Verhältnissen nahe kommt.

Bei etwa der Hälfte der Patienten stellte sich die Sehne schlank mit einer homogenen Binnenstruktur dar. Bei anderen, zeigte sich die Sehne verbreitert mit Inhomogenitäten, welche auf leichte Degenerationsprozesse hindeuten könnten. In der Regel zeigte eine verbreiterte Sehne auch Inhomogenitäten. Nur ein Patient aus der CBIS-Gruppe zeigte eine verbreiterte Sehne, welche eine homogene Binnenstruktur aufwies. Die distale Bicepssehne war bei Patienten der FA-Gruppe öfter schlank und homogen als bei Patienten der CBIS-Gruppe.

4.3 Komplikationen

Die Komplikationsraten waren mit 25 % für die FA-Gruppe und 33,3 % für die CBIS-Gruppe vergleichbar und ließen in Anbetracht der Tatsache, dass die aufgetretenen Komplikationen vorübergehend waren, den Schluss zu, dass die Refixierung der distalen Bicepssehne sowohl durch Fadenanker als auch durch die Kombination eines Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) mit einer Interferenzschraube, recht sichere Operationsverfahren darstellen. Dass es sich bei den aufgetretenen Komplikationen um Hypästhesien und eine Parästhesie handelte, welche wohl auf die Reizung nervaler Strukturen während der Operation zurückzuführen waren, zeigte allerdings auch das Risiko, welches mit der aufwendigen Präparation in die Tiefe verbunden ist und betonte die Sorgfalt, auf die bei der Schonung der nervalen und vasalen Strukturen geachtet werden muss. Die Komplikationsrate von 30 % für das Gesamtkollektiv war vergleichbar mit den Komplikationsraten anderer Arbeiten über die Refixierung der distalen Bicepssehne [41] [37] [51].

Die Zusammenschau verschiedener Studien konnte zwar dabei helfen, die häufigsten Komplikationen der Refixierung der distalen Bicepssehne darzulegen, jedoch konnte aufgrund der Tatsache, dass die Autoren unterschiedliche Befunde zu den Komplikationen zählten, ein Vergleich der Komplikationsraten nur orientierend erfolgen.

4.4 Schlussfolgerung

Der Vergleich der Ergebnisse der Nachuntersuchung beider Gruppen konnte zeigen, dass sowohl die Refixierung durch Fadenanker, als auch durch die Kombination eines Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) mit einer Interferenzschraube zu einem hohen Maß an Patientenzufriedenheit und Funktionalität des operierten Armes führen kann.

Auch wenn die FA-Gruppe in den meisten Messungen etwas besser abschnitt als die CBIS-Gruppe, waren die Unterschiede größtenteils gering und in der Regel nicht signifikant. Aus dieser Beobachtung wurde gefolgert, dass die in biomechanischen Testungen festgestellte Überlegenheit der Fixierung mittels eines in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button [42] [43] nicht mit einem besseren funktionellen Ergebnis für die Patienten gleichzusetzen ist.

Die angestellten Vergleiche mit der Literatur zeigten, dass auch mit anderen Fixationsmethoden Ergebnisse erzielt werden konnten, welche mit denen der vorliegenden Arbeit vergleichbar sind. Diese Aussage wird durch eine Metaanalyse von Kodde et al. unterstützt, die mit der Fragestellung nach der besten Methode zur Refixierung der distalen Bicepssehne 40 Arbeiten zum Thema distale Bicepssehnenruptur mit insgesamt 1074 Patienten analysierte. Die Autoren teilten die Patienten in die vier Operationsmethoden Refixation mittels eines metallischen Knopfes (Cortical Button), direkte knöcherne Refixation, Fadenanker und Interferenzschraube auf und kamen zu dem Ergebnis, dass zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied im Bewegungsausmaß und in der Kraft für Flexion und Supination bestand [54].

Die Betrachtung der vorliegenden Studie und der existierenden Literatur zum Thema distale Bicepssehnenruptur, legt also den Schluss nahe, dass die verschiedenen Refixierungsmethoden alle zu einem zufriedenstellenden und vergleichbaren klinischen Ergebnis führen können.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Ruptur der distalen Bicepssehne ist eine seltene Verletzung, welche vor allem sportlich aktive Männer mittleren Alters betrifft. Nach traumatischer Ruptur klagen die Patienten häufig über Schmerz, Kraftverlust, Bewegungseinschränkung und eine Veränderung der Armkontur. Die operative anatomische Refixierung der rupturierten distalen Bicepssehne an die Tuberositas radii stellt die Behandlung der Wahl dar. Für die Refixierung stehen mit Fadenankern, Refixation mittels eines metallischen Knopfes (Cortical Button), direkter knöcherner Refixation und Interferenzschrauben verschiedene Operationsverfahren zur Auswahl. Biomechanische Messungen favorisierten zwar den in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button gegenüber anderen Fixierungsmethoden [42] [43], jedoch besteht kein Konsens darüber, mit welchem Verfahren das beste funktionelle Ergebnis für die Patienten erzielt werden kann.

Ziel dieser Studie war es, die Operationsergebnisse der Refixierung durch Fadenanker zum einen und durch die Kombination eines Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) mit einer Interferenzschraube zum anderen von bereits operierten Patienten zu quantifizieren, um zu untersuchen ob sich die biomechanische Überlegenheit der Fixation mittels eines in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button im Vergleich zur Refixation durch Fadenanker auch im funktionellen Ergebnis niederschlägt.

Nach erfolgter schriftlicher Aufklärung und Zustimmung wurden die Patienten nachuntersucht. Die Nachuntersuchung gliederte sich neben Anamnese, Inspektion und Palpation des operierten Armes in die Beantwortung des DASH-Fragebogens inklusive dem DASH Sport- und Musik-Modul und dem DASH Arbeits- und Berufs-Modul, die Erhebung des Mayo Elbow Performance Scores, die Messung des Armumfanges 15 cm proximal des Epicondylus medialis, auf Höhe des Epicondylus medialis und 10 cm distal des Epicondylus medialis, die Messung des Bewegungsausmaßes des Armes in Extension, Flexion, Supination und Pronation, die Messung der Flexionskraft aus 0°, 45°, 90° und 135° Flexion, die Messung der Supinationskraft aus maximaler Supination, aus neutraler Position und aus maximaler Pronation mit einem Nottingham Mecmesin Myometer und das Anfertigen einer MRT-Aufnahme der operierten Extremität zur Beurteilung des Weichteilstatus. Die Messung des Armumfanges, die Messung des Bewegungsausmaßes und die Kraftmessung erfolgte an beiden Armen und es wurden die Werte der operierten Extremität durch die Werte der nicht operierten Extremität geteilt und als Prozentwert angegeben. Die Messung der

Supinationskraft mit dem Nottingham Mecmesin Myometer war durch eine eigens dafür entworfene Stahlkonstruktion möglich und reproduzierbar.

In den meisten Scores und Messungen erzielten die Patienten, die mit Fadenankern operiert wurden ein besseres Ergebnis als die Patienten, die mit einer Kombination aus einem Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube operiert wurden. Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen waren allerdings bis auf den Armumfang 15 cm proximal des Epicondylus medialis und die Supinationskraft aus maximaler Pronation nicht signifikant unterschiedlich. Als Ursachen für die Abweichungen der Werte zwischen den beiden Patientenpopulationen wurden teilweise die Verteilung der Gruppencharakteristika, so wie einzelne Patienten mit, im Vergleich zum jeweiligen Gruppendurchschnitt, ausreißenden Messergebnissen vermutet. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass sich die biomechanische Überlegenheit des in „Tension-Slide-Technik“ eingebrachten Cortical Button nicht zwangsläufig in einer höheren Funktionalität des operierten Armes niederschlägt.

Die Ergebnisse der Scores und Messungen der vorliegenden Studie sind größtenteils vergleichbar mit denen anderer Arbeiten, die das Ergebnis der Refixierung der distalen Bicepssehne durch Fadenanker, durch die Kombination eines Cortical Button mit einer Interferenzschraube, oder durch andere Refixierungsverfahren untersucht haben.

Aus der Betrachtung der vorliegenden Studie, im Besonderen der Tatsache, dass sich das klinisch funktionelle Ergebnis der Refixierung der distalen Bicepssehne durch Fadenanker nicht deutlich von der Refixierung durch die Kombination eines Cortical Button (eingebracht in „Tension-Slide-Technik“) und einer Interferenzschraube unterschied, kann der Schluss gezogen werden, dass sich die biomechanische Überlegenheit der „Tension-Slide-Technik“ nicht auf das klinische Ergebnis auswirkt. Ein Vorteil könnte jedoch darin liegen, dass durch die „Tension-Slide-Technik“ ein forciertes und strafferes Nachbehandlungsregime durchgeführt werden kann.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. Wurzinger, L.J., *Teil E Obere Extremität, 1 Schulter, Oberarm und Ellenbogen*, in *Duale Reihe Anatomie*, G. Aumüller, et al., Editors. 2010, Thieme: Stuttgart. p. 404, 410-411.
2. Athwal, G.S., S.P. Steinmann, and D.M. Rispoli, *The distal biceps tendon: footprint and relevant clinical anatomy*. J Hand Surg Am, 2007. 32(8): p. 1225-9.
3. Mazzocca, A.D., et al., *The anatomy of the bicipital tuberosity and distal biceps tendon*. J Shoulder Elbow Surg, 2007. 16(1): p. 122-7.
4. Chiarapattanakom, P., et al., *Anatomy and internal topography of the musculocutaneous nerve: the nerves to the biceps and brachialis muscle*. J Hand Surg Am, 1998. 23(2): p. 250-5.
5. Wurzinger, L.J., *Teil E Obere Extremität, 1 Schulter, Oberarm und Ellenbogen*, in *Duale Reihe Anatomie*, G. Aumüller, et al., Editors. 2010, Thieme: Stuttgart. p. 405, 411.
6. Safran, M.R. and S.M. Graham, *Distal biceps tendon ruptures: incidence, demographics, and the effect of smoking*. Clin Orthop Relat Res, 2002(404): p. 275-83.
7. Kelly, M.P., et al., *Distal Biceps Tendon Ruptures: An Epidemiological Analysis Using a Large Population Database*. Am J Sports Med, 2015. 43(8): p. 2012-7.
8. Toczylowski, H.M., et al., *Complete rupture of the distal biceps brachii tendon in female patients: a report of 2 cases*. J Shoulder Elbow Surg, 2002. 11(5): p. 516-8.
9. Seiler, J.G., 3rd, et al., *The distal biceps tendon. Two potential mechanisms involved in its rupture: arterial supply and mechanical impingement*. J Shoulder Elbow Surg, 1995. 4(3): p. 149-56.
10. Ruland, R.T., R.P. Dunbar, and J.D. Bowen, *The biceps squeeze test for diagnosis of distal biceps tendon ruptures*. Clin Orthop Relat Res, 2005(437): p. 128-31.
11. O'Driscoll, S.W., L.B. Goncalves, and P. Dietz, *The hook test for distal biceps tendon avulsion*. Am J Sports Med, 2007. 35(11): p. 1865-9.
12. Vardakas, D.G., et al., *Partial rupture of the distal biceps tendon*. J Shoulder Elbow Surg, 2001. 10(4): p. 377-9.
13. Bourne, M.H. and B.F. Morrey, *Partial rupture of the distal biceps tendon*. Clin Orthop Relat Res, 1991(271): p. 143-8.

14. Kaplan, F.T., et al., *Reconstruction of chronic distal biceps tendon rupture with use of fascia lata combined with a ligament augmentation device: a report of 3 cases*. J Shoulder Elbow Surg, 2002. 11(6): p. 633-6.
15. Festa, A., et al., *Effectiveness of magnetic resonance imaging in detecting partial and complete distal biceps tendon rupture*. J Hand Surg Am, 2010. 35(1): p. 77-83.
16. Giuffre, B.M. and M.J. Moss, *Optimal positioning for MRI of the distal biceps brachii tendon: flexed abducted supinated view*. AJR Am J Roentgenol, 2004. 182(4): p. 944-6.
17. Belli, P., et al., *Sonographic diagnosis of distal biceps tendon rupture: a prospective study of 25 cases*. J Ultrasound Med, 2001. 20(6): p. 587-95.
18. Baker, B.E. and D. Bierwagen, *Rupture of the distal tendon of the biceps brachii. Operative versus non-operative treatment*. J Bone Joint Surg Am, 1985. 67(3): p. 414-7.
19. Rantanen, J. and S. Orava, *Rupture of the distal biceps tendon. A report of 19 patients treated with anatomic reinsertion, and a meta-analysis of 147 cases found in the literature*. Am J Sports Med, 1999. 27(2): p. 128-32.
20. Klonz, A., et al., *Rupture of the distal biceps brachii tendon: isokinetic power analysis and complications after anatomic reinsertion compared with fixation to the brachialis muscle*. J Shoulder Elbow Surg, 2003. 12(6): p. 607-11.
21. Barnes, S.J., S.G. Coleman, and D. Gilpin, *Repair of avulsed insertion of biceps. A new technique in four cases*. J Bone Joint Surg Br, 1993. 75(6): p. 938-9.
22. Bain, G.I., et al., *Repair of distal biceps tendon rupture: a new technique using the Endobutton*. J Shoulder Elbow Surg, 2000. 9(2): p. 120-6.
23. Mazzocca, A.D., et al., *Single incision technique using an interference screw for the repair of distal biceps tendon ruptures*. Operative Techniques in Sports Medicine 2003. 11(1): p. 36-41.
24. Boyd, H.B. and L.D. Anderson, *A Method for Reinsertion of the Distal Biceps Brachii Tendon*. J Bone Joint Surg Am, 1961. 43(7): p. 1041-3.
25. Hartman, M.W., S.M. Merten, and S.P. Steinmann, *Mini-open 2-incision technique for repair of distal biceps tendon ruptures*. J Shoulder Elbow Surg, 2007. 16(5): p. 616-20.
26. Lintner, S. and T. Fischer, *Repair of the distal biceps tendon using suture anchors and an anterior approach*. Clin Orthop Relat Res, 1996(322): p. 116-9.

27. Taylor, C.J., R. Bansal, and A. Pimpalnerkar, *Acute distal biceps tendon rupture--a new surgical technique using a de-tensioning suture to brachialis*. *Injury*, 2006. 37(9): p. 838-42.
28. Sethi, P.M. and J.E. Tibone, *Distal biceps repair using cortical button fixation*. *Sports Med Arthrosc*, 2008. 16(3): p. 130-5.
29. Rios, C.G. and A.D. Mazzocca, *Interference screw with Cortical button for distal biceps repair*. *Sports Med Arthrosc*, 2008. 16(3): p. 136-42.
30. Kelly, E.W., S. Steinmann, and S.W. O'Driscoll, *Surgical treatment of partial distal biceps tendon ruptures through a single posterior incision*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2003. 12(5): p. 456-61.
31. Frazier, M.S., et al., *Surgical treatment of partial distal biceps tendon ruptures*. *J Hand Surg Am*, 2010. 35(7): p. 1111-4.
32. Wiley, W.B., et al., *Late reconstruction of chronic distal biceps tendon ruptures with a semitendinosus autograft technique*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2006. 15(4): p. 440-4.
33. Sanchez-Sotelo, J., et al., *Reconstruction of chronic ruptures of the distal biceps tendon with use of an achilles tendon allograft*. *J Bone Joint Surg Am*, 2002. 84-a(6): p. 999-1005.
34. Levy, H.J., A.A. Mashoof, and D. Morgan, *Repair of chronic ruptures of the distal biceps tendon using flexor carpi radialis tendon graft*. *Am J Sports Med*, 2000. 28(4): p. 538-40.
35. Dobbie, R.P., *Avulsion of the lower biceps brachii tendon: Analysis of fifty-one previously unreported cases*. *The American Journal of Surgery*, 1941. 51(3): p. 662-83.
36. Shields, E., et al., *Distal biceps brachii tendon repairs: a single-incision technique using a cortical button with interference screw versus a double-incision technique using suture fixation through bone tunnels*. *Am J Sports Med*, 2015. 43(5): p. 1072-6.
37. Kodde, I.F., M.P. van den Bekerom, and D. Eygendaal, *Reconstruction of distal biceps tendon ruptures with a cortical button*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015. 23(3): p. 919-25.
38. Failla, J.M., et al., *Proximal radioulnar synostosis after repair of distal biceps brachii rupture by the two-incision technique. Report of four cases*. *Clin Orthop Relat Res*, 1990(253): p. 133-6.
39. Siebenlist, S., et al., *The functional outcome of forty-nine single-incision suture anchor repairs for distal biceps tendon ruptures at the elbow*. *Int Orthop*, 2014. 38(4): p. 873-9.

40. Duncan, S.F., J.W. Sperling, and S.P. Steinmann, *Infected distal biceps tendon repairs: three case reports*. Clin Orthop Relat Res, 2007. 461: p. 14-6.
41. Olsen, J.R., et al., *A comparison of cortical button with interference screw versus suture anchor techniques for distal biceps brachii tendon repairs*. J Shoulder Elbow Surg, 2014. 23(11): p. 1607-11.
42. Mazzocca, A.D., et al., *Biomechanical evaluation of 4 techniques of distal biceps brachii tendon repair*. Am J Sports Med, 2007. 35(2): p. 252-8.
43. Sethi, P., et al., *Biomechanical evaluation of distal biceps reconstruction with cortical button and interference screw fixation*. J Shoulder Elbow Surg, 2010. 19(1): p. 53-7.
44. Niemeyer, P., et al., *Anatomical refixation for acute ruptures of the distal biceps tendon using a novel transcortical refixation system*. Arch Orthop Trauma Surg, 2008. 128(6): p. 573-81.
45. Peeters, T., et al., *Functional outcome after repair of distal biceps tendon ruptures using the endobutton technique*. J Shoulder Elbow Surg, 2009. 18(2): p. 283-7.
46. Hansen, G., et al., *Anatomic repair of the distal biceps tendon cannot be consistently performed through a classic single-incision suture anchor technique*. J Shoulder Elbow Surg, 2014. 23(12): p. 1898-904.
47. Legg, A.J., et al., *A comparison of nonoperative vs. Endobutton repair of distal biceps ruptures*. J Shoulder Elbow Surg, 2016. 25(3): p. 341-8.
48. Eardley, W.G., et al., *Bioabsorbable interference screw fixation of distal biceps ruptures through a single anterior incision: a single-surgeon case series and review of the literature*. Arch Orthop Trauma Surg, 2010. 130(7): p. 875-81.
49. Roy, J.S., J.C. MacDermid, and L.J. Woodhouse, *Measuring shoulder function: a systematic review of four questionnaires*. Arthritis Rheum, 2009. 61(5): p. 623-32.
50. Al-Taher, M. and D.B. Wouters, *Fixation of acute distal biceps tendon ruptures using mitek anchors: a retrospective study*. Open Orthop J, 2014. 8: p. 52-5.
51. Cohen, S.B., et al., *A functional analysis of distal biceps tendon repair: single-incision Endobutton technique vs. two-incision modified Boyd-Anderson technique*. Phys Sportsmed, 2016. 44(1): p. 59-62.
52. Morrey, B.F., L.J. Askew, and E.Y. Chao, *A biomechanical study of normal functional elbow motion*. J Bone Joint Surg Am, 1981. 63(6): p. 872-7.
53. Schmidt, C.C., et al., *Factors affecting supination strength after a distal biceps rupture*. J Shoulder Elbow Surg, 2014. 23(1): p. 68-75.

54. Kodde, I.F., et al., *Refixation techniques and approaches for distal biceps tendon ruptures: a systematic review of clinical studies*. J Shoulder Elbow Surg, 2016. 25(2): p. e29-37.

7. LEBENSLAUF

Zur Person

Name: Lennart Johannes Konvalin
Geburtsdatum: 22.10.1992
Geburtsort: München
Staatsangehörigkeit: Deutsch
Eltern: Herr Dr. med. Heribert Konvalin
Frau Astrid Konvalin

Schule

Grundschule: Grundschule Fröttmaning, München (1999-2003)
Gymnasium: Oskar-Von-Miller-Gymnasium, München (2003-2011)
Schulabschluss: Abitur (2011)

Studium

Universität: Ludwig-Maximilians-Universität München (2011-2017)
Studienfach: Humanmedizin
Ärztliche Prüfung: Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (21.08.2013)
Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (13.10.2016)
Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (01.12.2017)

8. DANKSAGUNG

Mein großer Dank gilt meinem Doktorvater, PD Dr. med. Manfred Pfahler. Über den gesamten Studienzeitraum stand er mir beratend zur Seite, war stets erreichbar und beantwortete Fragen umgehend.

Ebenso möchte ich mich bei der PRO-U Praxisklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie am Flughafen München für das Bereitstellen der Räumlichkeiten und Mittel, so wie den durchgehend freundlichen Umgang mit allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedanken.

Des Weiteren danke ich meinen Eltern, die mich stets in meinen Bestrebungen unterstützen.

9. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Konvalin, Lennart Johannes

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Ruptur der distalen Bicepssehne: Ergebnisse der operativen Refixation mit zwei unterschiedlichen Fixationsverfahren“

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 22.10.2018

Ort, Datum

Lennart Johannes Konvalin

Unterschrift Doktorand